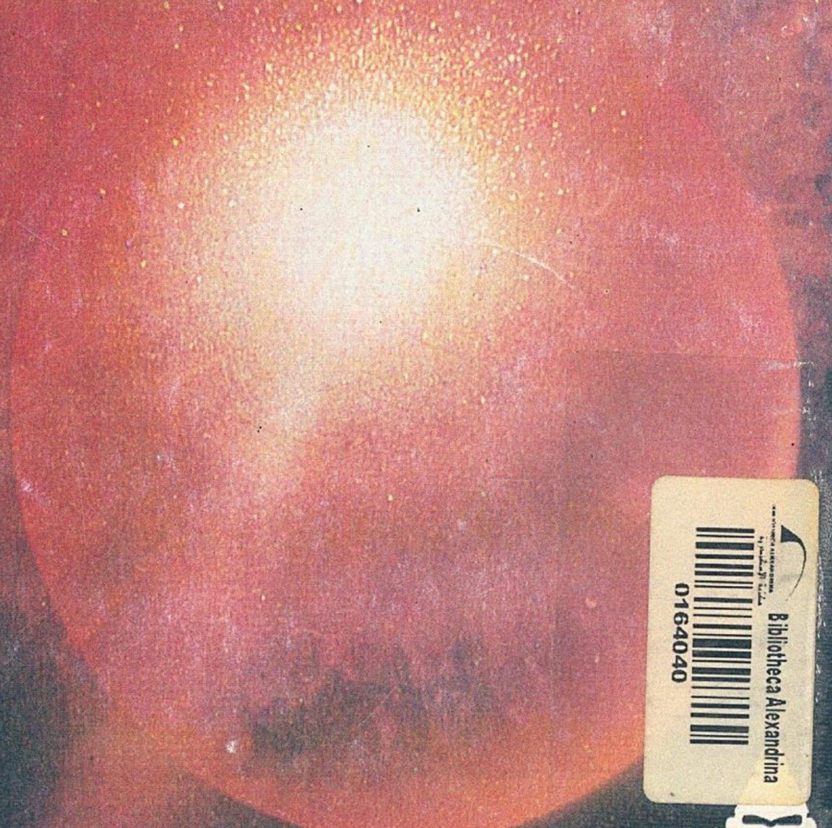
الألف كتاب الثاني
١٥٢

اسحق عظيموف

الشموس المتفجرة

أسرار السوبرنوفا



ترجمة: د. السيد عطا

الهيئة المصرية
العامة للكتاب

الشموس المتفجرة

أســرار السوبرنوفـا

الألف كتاب الثانى

الإشراف العام

د. سمير سرحان

رئيس مجلس الإدارة

رئيس التحرير

لمعى المطيعى

مدير التحرير

أحمد صليحة

الإشراف الفنى

محمد قطب

الإخراج الفنى

محسنة عطية

الشموس المتفجرة

أسرار السوبرنوفا

تأليف
إسحق عظيموف

ترجمة
د. السيد محمد عطا

الهيئة المصرية العامة للكتاب
١٩٩٤

هذه هى الترجمة العربية الكاملة لكتاب :

THE EXPLODING SUNS

The Secrets of the Supernovas

by

ISAAC ASIMOV

الفهـرس

الموضـــوع	صفحة

مقدمـــة

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم :
« اطلبوا العلم ولو فى الصين »

يتناول هذا الكتاب الشيق موضوعا جذابا يشمل بتفصيل جميل كل ما يتعلق بنشأة الكون منذ الانفجـار العظيم الذى وقع قبل خمسة عشر بليون ســـنة وما صاحبـه من تكون سحب ضخمة من الهيدروجين والهليوم هى أصل كل شيء ٠

ويساط الكتاب الضوء على الظاهرة المعروفة باسم السوبرنوفا أو الشموس الضخمة غير المستقرة والتى تعد انفجاراتهـا المروعـة أعنف ما تشهده الأكوان من أحـداث على الاطلاق ٠ وتنسب الأبحـاث الفلكية الحديثة كل ما يحتويه الكون الفسيح من عناصر وكواكب ومجرات شاسعة وشتى صور الحياة الى هذه الانفجارات ٠

وقد يختلف كثيرون مع المؤلف فى وجهـــات نظره التى عبر عنها بالنسبة لمسألة أصل الخلق ونشـــأة الكون ، الا أن ذلك لايمنع مـن الاعتراف له بغزارة علمه وبراعته وحنكته فى العرض والتحليل وأسلوبه المبسط فى تناول موضوع معقد ٠

ولأن المؤلف حجة فيما تصدى له من موضـــوعات وذو قدرة لاتنكر على تقريب مسائل علمية قد يشق تناولها ، الى مستوى القارىء العادى ولا نقول المتخصص ، فانه يحدونا الأمل أن تحقق ترجمتنا لكتابه غايتنا منها وهى أن تكون اســـهاما متواضعا فى نشر آفاق التفكير العلمى فى وطننا المصرى والعربى على نحو ما نطمح اليه جميعا ٠

والله الموفق وعليه قصد السبيل ؟

النجـوم الجـديدة

السـماء المستقرة

لو تطلعنا الى السـماء فى ليلة صـافية غير مقمرة لابد وأن نقف مشدوهين ازاء السكون الذى يعم كل شىء · فالنجوم تتلألأ بتوهج ثابت فى تشكيلات مستقرة ، ويبدو للناظر الى السماء من النصف الشمالى من الكرة الأرضية أن النجوم تتحرك فى قرص دائرى منتظم يقع مركزه بالقرب من النجم الشمالى وتدور دورة كاملة كل ٢٤ ساعة ·

وفى تمام منتصف كل ليلة يتزحزح المنظر قليلا كما لو كانت الشمس تدور عكس تشكيل النجوم ولكن أبطأ كثيرا من الحركة اليومية ، حيث تستكمل الشمس دورتها فى ¼ ٣٦٥ يوم · وتتسم الحركتان الدائريتان بالانتظام الكامل ولا يتغير تشكيل النجوم مع الدوران ·

وقد اعتقد الفيلسوف اليونانى ارسطو (٣٨٤ ـ ٣٢٢ قبل الميلاد) أن ما تتسم به السماء من استقرار هو أحد قوانين الطبيعة · واذا كان كل شىء على الأرض قابـلا للتغيير والتداعى فكل شىء فى السـماء يتميز بالاستقرار والكمال والدوام · وتميل الأشياء على الأرض الى السكون (ما لم تكن تدب فيها الحياة) وتتعرض للسقوط ، أما فى السماء فلا توقف مطلقا وكل شىء يتحرك فى دوائر محددة بلا نهاية ·

وقد ذهب أرسطو فى اعتقاده الى أن الأرض والسماء مختلفتان اختلافا جوهريا فى تكوينهما · فكل شىء على الأرض مكون من أربعة «عناصر» أو من أربعة أنواع من المواد الأساسـية ـ التربة والماء والهواء والغاز ، أما السماء بكل ما تشمله فهى مكونة من عنصر خامس مكتمل ومتوهج بطبيعته أسماه « اثير » وهو الاسم اليونانى لكلمة « توهج » ·

ولا شك أن كثيرا من المفكرين السالفين كانـوا يؤمنون باستقرار

النظام في السماوات ، الا أن أرسطو كان ابرزهم - بدليل أن أعماله هي التي بقيت - ومن ثم فلقد اعتبر دائما المرجع الرئيسي لهذا الفكر ·

ويعد هذا الفكر منطقيا ، فهو يتفق للوهلة الأولى مع مشاهداتنا العامة · فكل منا يرى بعينيه أن الأشياء على الأرض تأتي الى الوجود وتنمو وتتغير ثم تتلف وتضمحل لتفنى في نهاية الأمر · أما الشمس وكل الاجرام السماوية الأخرى فهي تبدو دائمة بلا أي تغيير ·

غير أن هناك من الظواهر مايتناقض مع أفكار أرسطو بشأن الاستقرار السماوي ولو تفكرنا بدقة فسوف نلاحظ هذه الظواهر · فثمة تغيرات تحدث في السماوات ومنها ما هو واضح جلي · فالسحب مثلا تتكون وتتبدد ، تتكاثر وتتلبد حتى تحجب السماء أو تترقق لدرجة التلاشي · والامطار والصور الأخرى من التكثف والترسيبات تسقط من السماء الى الأرض ثم تتوقف ·

الا أن الغيوم والتكثفات تفاعلات موجودة في الهواء - والهواء هو أحد العناصر الأربعة المكونة للأرض - وفقا لفكر أرسطو ، ومؤكد أن علماء الفلك في العصر الحديث يتفقون معه فيّ ذلك · وقد اعتبر ارسطو أن الغلاف الجوي ممتد حتى القمر ، وهو أقرب الاجرام السماوية الى الأرض ، أما « وهج » السماء وصفة الاستقرار فهما يبدآن عند القمر ويشملان كل ما بعده ولا شيء قبله ·

بيد أن السماء تشهد تغيرات أخرى بخلاف الأحوال الجوية · فلو تطلع أحد الى السماء في سكون الليل سيجد أحيانا نقطة ضوء تتحرك عبر ظلامها ويخبو نورها تدريجيا وسرعان ما تتلاشى · ويخال للمرء أن أحد النجوم انفصل عن السماء وانزلق سريعا عبرها وربما سقط على الأرض · ويسمى ذلك أحيانا « شهاب » ولكنه في الواقع ليس نجما حقيقيا، فمهما نكن قد رصدنا من « شهب » فلم يحدث أن فقدت القبة السماوية أيا من نجومها ·

ويرى أرسطو أن الشهب هي الأخرى ظواهر تحدث في الإجواء المحيطة ولكن داخل الغلاف الجوي للأرض ، من ثم أطلق عليها « meteor » وهو اسم مستوحى من كلمة يونانية تعني « أشياء في الجو » · وينطبق هذا اللفظ تماما على الشعاع الضوئي دون سواه ، وتلك نقطة حالف أرسطو الصواب فيها ، اذ أن ذلك الشعاع يظهر في الجو وهو ناتج عن أجسام صغيرة يتراوح حجمها بين كتلة كروية كبيرة ورأس الدبوس ، تتحرك في الفضاء وتنتهي بأن ترتطم بالأرض · ولدى اختراق هذه الأجسام الجو بسرعة فائقة ترفع المقاومة الهوائية درجة حرارتها بما يحولها الى وهج أبيض ملتهب ·

ويطلق حاليا على هذه الأجسام نيازك ومنها نوعان : الأحجام الصغيرة التي تتبخر تماما على بعد مسافة كبيرة من سطح الأرض الذى تصله وقد تحولت الى غبار ناعم وهذه تسمى شهبا • أما الأحجام الكبيرة التي لاتفنى ولو جزئيا فقد يرتطم جزء أو أكثر من حطامها بالأرض • وهذا الحطام يسمى رجوما • (كان العلماء حتى مطلع القرن التاسع عشر عازفين عن قبول فكرة امكان سقوط أجسام صلبة من السماء) •

علاوة على ذلك تشهد السماء عشوائيا ظهور واختفاء مذنبات متنوعة ذات أشكال غريبة متباينة (ومن ثم فهي ليست أشكالا نموذجية) • ويحدث أن يتغير شكل تلك المذنبات ليلة عن ليلة ، ومع ذلك يبرر أرسطو ذلك بأن المذنبات تعتبر مناطق أبخرة ملتهبة فى طبقات الجو العليا ومن ثم فهي أجسام تابعة للأرض وليس للسماء • (وهو مخطىء تماما فى هذا التبرير غير أن أحدا لم يستطع اثبات هذا الخطأ حتى أواخر القرن السادس عشر) •

ولو استبعدنا الطقس والنيازك والمذنبات فان يبقى سوى القمر والأجرام السماوية الأبعد منه •

ويخضع القمر ذاته للتغير بالتأكيد ، فشكله يتغير كل ليلة ويمر بسلسلة متعاقبة من الاطوار « Phases » وهو لفظ مستوحى من كلمة يونانية بمعنى « الهيئة » • وحتى عندما يكون القمر بدرا وعلى هيئة دائرة كاملة من الضوء (ومن ثم يتسم بكمال الشكل الذى نتصوره لجسم سماوى) فهو لا يخلو من ظلال وبقع تمثل بالتأكيد عيوبا تشوبه •

وكان هناك اتجاهان لتبرير ذلك • فقد أشار فريق من الناس من العصرين القديم والأوسط الى أنه بما أن القمر هو أقرب الأجرام السماوية الى الأرض المشوبة بالعيوب والخلل فهو بالتالى الأكثر تعرضا لتأثيرها • ومن ثم فان البقع التى تلطخ القمر ما هى الا أبخرة منبعثة من الأرض •

أما التبرير الآخر للتغيرات التى تطرأ على القمر فمؤداه أنه من الجائز حدوث تغير فى جرم سماوى نموذجى شريطة أن يكون هذا التغير دوريا متكررا على الدوام • بمعنى آخر فان أى وجه من أوجه عدم الانتظام لا يعد بالضرورة عيبا مادام مستقرا •

ومن هذا المنطلق نجد أن البقع التى تشوب القمر لم تتغير مطلقا ونجد أن أطواره تتكرر بدرجة من الانتظام تجعل من اليسير التنبؤ بالهيئة التي سيكون عليها القمر فى أى ليلة لسنوات قادمة •

وثمة تساؤل آخر يتعلق بالقمر ، اذ بينما يبزغ من الشرق ويتحرك غربا فى السماء الى أن يتوارى شأنه فى ذلك شأن الشمس والنجوم ، فانه لا يواكب النجوم تماما · فلقد وجد أن القمر يتخذ موقعا مختلفا كل ليلة بالنسبة لخلفية السماء · ويبين من الملاحظة الدقيقة أن ذلك الموقع يتغير بانتظام من الغرب الى الشرق عكس خلفية النجوم ويتحرك فى دائرة تكتمل فيما يربو على سبعة وعشرين يوما ·

والشمس أيضا ، كما أسلفنا ، تتحرك من الغرب الى الشرق عكس خلفية النجوم ، ألا أن حركة الشمس ابطأ كثيرا من حركة القمر حيث تستغرق دورتها ¼ ٣٦٥ يوم ·

واذا كان القمر والشمس غير منتظمين انتظاما كاملا فى حركتيهما عكس خلفية النجوم ، فلقد كان هناك فى نظر القدامى ، حالات أقل انتظاما تتعلق بخمسة من أسطع النجوم ، وكان يلاحظ أيضا انها تتحرك عكس خلفية النجوم · وقد بلغ من روع الباحثين عن اسرار الكون أن أطلقوا على هذه النجوم أسماء آلهة · ومازالت الأسماء التى أطلقها الرومان مستخدمة حتى الآن وهى عطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل · تلك النجوم لاتتحرك بانتظام من الغرب الى الشرق عكس خلفية النجوم كحركتى القمر والشمس ولكنها بدلا من ذلك تتحرك ببطء بين حين وآخر وما تلبث أن تعود أدراجها من الشرق الى الغرب ، ثم تعكس الحركة ثانية لفترة من الزمن وتتحرك فى الاتجاه المعتاد ثم تعيد الكرة مرارا وتكرارا · ويتراوح عدد ما تأتى به تلك الكواكب من حركة عكسية بين مرة واحدة فى السنة أو نحو ذلك (المريخ) وتسع وعشرين مرة فى السنة (زحل) ·

وقد سمى اليونانيون الاجرام السبعة ، وهى القمر والشمس وعطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل Planets (wanderers) أى الكواكب السيارة لانها تتجول بالنسبة للنجوم الأخرى · وقد انحدر الينا هذا الاسم بصيغته الحالية Planets أو الكواكب ·

ولشرح المسارات المختلفة للكواكب افترض اليونانيون أن كل كوكب يقع على كرة تحيط بالأرض وكل كرة داخل الأخرى باختلاف الأقطار · وباعتبار أن الكواكب تكون أقرب الى الأرض كلما زادت سرعة تحركها فى السماء ، فان القمر يقع على الكرة الداخلية الأولى يليها عطارد ثم الزهرة فالشمس فالمريخ فالمشترى وأخيرا زحل · وكل كرة شفافة تماما (بلورية) ولا يمكن رؤيتها · (هذه الكرات هى التى أوحت استخدام كلمة «سماوات»

بصيغة الجمع وهي مستخدمة حتى يومنا هذا) • وكان يعتقد أن كل كرة تدور وأن هذا الدوران هو السبب في حركة الكواكب في السماء •

وكان افلاطون (٤٢٧ – ٣٤٧ قبل الميلاد) ، وهو استاذ أرسطو ، يعتبر أن التحركات الدائرية المنتظمة هي الوحيدة التي تنطبق عليها صفة الكمال • ولتبرير التحركات غير المنتظمة ، سعيا الى تعميم صفة الكمال على السماوات ، كان لابد من تقسيم الكواكب في مجموعات متآلفة تتحرك في مسارات دائرية منتظمة • بل ان أرسطو والمفكرين اليونانيين الذين تبعوه حاولوا تكوين مجموعات من المسارات الدائرية أكثر تعقيدا ، تتيح تبرير تحرك الـكواكب بنفس الطريقة غير المنتظمة التي كان يبدو أنها تسلكها وتفضى في نفس الوقت الى درء شائبة عدم الكمال عنها •

وقد أصبح معروفا اليوم أن النيازك والمذنبات والكواكب السبعة والأرض ذاتها تتبع كلها ما يسمى « بالنظام الشمسى » • ويدور مختلف عناصر النظام الشمسى (بما في ذلك الأرض) حول الشمس ، التي كان الرومان يطلقون عليها اسم « sol » حيث مصدر اسم النظام الشمسى • والشمس نجم لا يختلف عن النجوم الأخرى الا بكونه على هذه الدرجة من القرب الينـــا •

ولو نحينا النظام الشمسى جانبا واقتصرنا على ما وراءه من نجوم فسيبدو فكر أرسطو عن طابع الاستقرار في الســماوات صحيحا •• وبوسعنا أن نراقب النجوم ليلة بعد أخرى وسنة بعد سنة ، بالعين المجردة (كما كان يفعل القدماء) وغالبا لن نرى أى تغيير •

التغير في النجــوم

كان القدماء يعتقدون أن النجوم التي يصل عددها الى نحو ستة آلاف نجم ، تقع على كرة خارجية أكبر من تلك التي ينتمى اليها زحل ، أبعد الكواكب عن الأرض (ولذلك سميت تلك النجوم « بالنجوم الثابتة » لتمييزها عن « النجوم السيارة » أو الكواكب ، المنفصلة في تحركها عن تلك الكرة الخارجية) •

ولم تكن الكرة الخارجية للنجوم شفافة ، بل معتمة ، والنجوم تتلألأ خلالها كحبات خرز دقيقة ساطعة • وتدور السماء المعتمة كلها بانتظام تام مرة في اليوم ، حاملة النجوم بحيث لا يتغير موقع كل نجم بالنسبة للآخر • وعندما تشرق الشمس تتحول السماء الى اللون الأزرق وتختفى النجوم لا لشيء الا لأن بريق الشمس يطغى عليها •

وكانت نظرية أرسطو بشأن كمال السماوات تنطبق فى ذلك الحين تماما على النجوم الثابتة دون أى لبس .

ويقودنا ذلك الى الحديث عن هيبارخوس (١٩٠ ـ ١٢٠ قبل الميلاد) ، أشهر علماء الفلك اليونانيين . فرغم أنه لم تكن لديه أجهزة يستعين بها ، باستثناء ما اخترعه بنفسه من آلات قليلة بالغة البساطة . وبالنظر الى النتائج المحدودة للغاية التى توصل اليها من سبقوه من علماء الفلك ، فان ما أنجزه يكفى لأن يضعه فى موقع الصدارة لعلماء الفلك أجمعين .

وقد عمل هيبارخوس فى جزيرة روديسيا على الساحل الجنوبى الغربى فيما يسمى الآن بتركيا . وقد لجأ ، فى سبيل شرح حركة الكواكب، الى وضع خريطة دوائر متآلفة تفوق أى تقسيم طرح على مدى القرنين التاليين لوفاة أفلاطون . وقد بقيت خريطة هيبارخوس ، مع بعض التعديلات الطفيفة ، مرجعا طيلة ألف وسبعمائة عام .

وبعد حوالى ثلاثة قرون من هيبارخوس ، أى نحو عام ١٥٠ م قام عالم الفلك كلوديوس بطليموس (١٠٠ ـ ١٥٠ م) بتلخيص النظام الذى وضعه هيبارخوس ، مع ادخال بعض التعديلات ، فى كتاب استمر حتى العصر الحديث وبقى أكثر من كل كتابات هيبارخوس . ولذلك فقد عرف النظام الفلكى الذى يقول بأن الأرض تقع فى مركز الكون وكل الأجرام الفلكية الأخرى تدور حولها بالنظام « البطلمى » ، وهو ما يشكل جورا على حق هيبارخوس .

وكان هيبارخوس قد أعد فى عام ١٣٤ قبل الميلاد أول خريطة جيدة للنجوم أدرج فيها ٨٥٠ من أسطع النجوم . (وقد ضم بطليموس هذه الخريطة الى كتابه بعد اضافة ١٧٠ نجما اليها) . وقد حدد هيبارخوس فى هذه الخريطة موقع كل نجم وفقا لشبكة خطوط طولية وعرضية . كما وضع تقسيما للنجوم يعتمد على شدة البريق . وقد قسمت النجوم تبعا لذلك الى ست درجات . وشملت « الدرجة الأولى » أسطع عشرين نجما فى السماء بينما ضمت « الدرجة السادسة » نحو الألفين من النجوم التى يستعصى رصدها فى الليالى غير المقمرة الا على من يتمتع ببصر حاد . أما الدرجات من الثانية الى الخامسة فتقع بين هذين الحدين .

ومما يبعث على الدهشة أن هيبارخوس لم يصادف أى معارضة فى ذلك حيث لم يكن علماء الفلك القدامى يعيرون النجوم أهمية ولم تكن فى نظرهم سوى خلفية من البقيعات تتحرك أمامها الكواكب . وكانت الكواكب هى الشيء المهم الذي استحوذ تقريبا على كل اهتمام الفلكيين الأوائل .

وكان معظم الناس يعتقدون أن الكواكب بتحركها تؤثر على الارض والبشر ، وانه اذا أمكن التوصل الى نظرية دقيقة للتنبؤ بحركتها فسوف يتيح ذلك تقرير مدى تأثيرها على مصير كل انسان • ولذا ساد بين الناس في العصور القـديمة اهتمـام محموم بالتوصـل الى مثل هـذا العلم لاستخدامه في التنجيـم •

كان يعتقد أن الشمس والقمر والكواكب الخمسـة الأخرى الشبيهة بالنجوم تدور كلها في حيز ضيق من السماء • وكانت السماء مقسمة الى اثنتى عشرة منطقة تحتل كلا منها مجموعة من النجوم مثلها أصحاب الخيال الخصب من القدماء ببعض الأشكال ، عادة أشكال حيوانات • وكل مجموعة من النجوم سميت « برجا » وأطلق على الأبراج الاثنى عشر التى تدور الكواكب في فلكها « Zodiac » أو دائرة البروج وهو اسم مشتق من كلمة يونانية تعنى « دائرة الحيوانات » •

ولعلنا نتساءل عرضا لماذا رقم الاثنى عشر في دائرة البروج ؟ ذلك أن الشمس تمكث في كل برج لمدة شهر أى مدة دوران القمر دورة كاملة حول دائرة البروج •

وبالطبع ، قسم الفلكيون بقية السماء أيضا الى بروج • وفي العصور الحديثة ، عندما تنقل العلماء جنوبا ودرسوا النجوم في أقصى الجنوب (وقد كان مستحيلا رؤية هذه النجوم من المناطق الشمالية حيث ازدهرت معظم الحضارات القديمة) قسم هذا الجزء أيضا الى بروج • أما الآن فثمة ثمانية وثمانون برجا يقسمون كرة السـماء بأكملها ولكن مازال اهتمام بعض السذج منصبا على البروج الاثنى عشر بدائرة البروج •

وبما أن هيبارخوس ظل يراقب السماء ليلة وراء الأخرى ويتابع مواقع الكواكب في سبيل اعداد نظرية عن حركة النجوم ، فلابد وأنه لاحظ النجوم الثابتة المتاخمة للكواكب ، ولابد أنه حفظ على الارجح مواقع النجوم الأكثر بريقا في السماء لا سيما تلك التابعة لدائرة البروج •

ويقول العـالم الرومانى شولار بلينيوس (٢٣ ـ ٧٩ م) ، الذى كتب بعد قرنين من هيبارخوس موسوعة عن المعارف البشرية ، ان خريطة النجوم التى وضعها هيبارخوس استوحاها من « نجم جديد » ظهر في برج العقرب التابع لدائرة البروج •

ولعلنا نتخيل مدى دهشة هيبارخوس عندما لاحظ ذات ليلة ظهور نجم لم يكن موجودا في الليلة السابقة •

اى دهشة ؟ شيء لا يصدقه عقل ! كيف يتسنى ظهور نجم جديد في سماء نتصف بالكمال ولا تعرف التغيير ؟

لابد أنه أخذ ، والشكوك تساوره ، يدرس ذلك النجم الجديد ليلة بعد ليلة وانه رآه يخبو تدريجيا حتى اختفى فى نهاية الأمر .

وقد لا تكون هذه بالضرورة ظاهرة فريدة وقعت خلال عمله . فربما تكرر أن ظهرت نجوم جديدة ثم اختفت ، وربما حدث ذلك دون أن يلاحظ احد ، لأنه لم يكن من المألوف أن يدرس الناس النجوم عن كثب وبالتالى لم يكن بوسعهم القول بأن شيئا جديدا قد ظهر . بل ان علماء الفلك أنفسهم ما كانوا ليقطعوا بأن شيئا بعينه قد استجد بالفعل ومن ثم فقد يمضى نجم دون أن يدرس بعناية وقد يتلاشى دون أن يلاحظه أحد من الأصـــل .

وقد راعى هيبارخوس عند وضعه خريطة للســماء تشــمل النجوم الحقيقية الدائمة أن يسهل على الآخرين قراءتها وعلى الفلكيين اللاحقين التعرف على أى نجم طارئ جديد يظهر فى السماء . وكان الرجوع الى تلك الخريطة كفيلا بازالة أى غموض يكتنف أى شيء معهم . ويكفى هذا لأن يجعل خريطة ما جديرة بالاهتمام .

وقد تبعث تلك الرواية عن هيبارخوس ونجمه الجديد على الاهتمام ، ولكن هل هى رواية حقيقية ؟ ان بلينيوس ، مصدر هذه القصة ، كان كاتبا غزير الانتاج ولكنه ذو قدرة محدودة على التمييز . كان يميل الى أن يسجل كل ما يسمعه ومن ثم لا نعرف مدى للتعويل على مصادره . هل عثر على ذلك فى احدى كتابات هيبارخوس ، وفى هذه الحالة ايها التى بقيت حتى ذلك الحين ؟ لو كان الأمر كذلك فيمكن تصديقها . ولكن ، على النقيض من ذلك ، قد لا يعدو الأمر عن مجرد تقرير مبهم كتبه شخص آخر ووقع فى يد بلينيوس وجذب اهتمامه .

وقد تحدث شخص آخر عن النجم الجديد الذى رصده هيبارخوس ، وهو مؤرخ يونانى عاش فى القرن الثالث . وقد أشار بعد قرنين من بلينيوس الى ذلك النجم بوصفه مذنبا .

وقد لا يعنى ذلك شيئا ، فقد كان يطلق فى ذلك الحين على أى جسم مجهول فى السماء « مذنب » .

ومع ذلك فلا خلاف فى أنه لم يرد فى كل ما تبقى من سجلات علم الفلك اليونانى والبابلى ذكر لأى نجم جديد ولا لأى نجم مؤقت ظهر حيثما لا يوجد نجوم فى السماء باستثناء ما جاء فى تلك الرواية المبهمة عن هيبارخوس .

ونحن نعلم جيدا اليوم أن مقالة ظهور نجوم جديدة حقيقة واقعة ، بل ان ذلك كثيرا ما يتكرر ومنها ما يتسم ببريق شديد . لماذا اذن لم يرد عنها ذكر فى النصوص القديمة والوسطى ؟

سبق أن أشرنا الى صعوبة التعرف على أى نجم جديد . وأى شخص عادي يتطلع الى السماء لا يرى سوى عدد كبير من النجوم المتناثرة بدون ترتيب . ومن ثم فان ظهور نجم جديد ، مهما كان ساطعا ، فى ليلة ما أمر يندر أن يلاحظه الا فلكى قدير . بل قد يغيب ذلك عن علماء الفلك ذاتهم . فلقد كان علماء الفلك من بابل واليونان قديما يعمدون فى الغالب الى مراقبة الكواكب وتلك النجوم التابعة لدائرة البروج المتاخمة مباشرة لمواقع الكواكب . ومن الجائز تماما أن يغيب عنهم نجم جديد من خارج دائرة البروج . وربما لم يكن يتسنى لهيبارخوس نفسه ملاحظة هذا النجم الجديد لولا انه يقع فى أحد أبراج دائرة البروج .

ومن ناحية أخرى ، فبعد أن انتشرت نظرية أرسطو بشأن كمال السماوات ، كان من نتائجها أن أوجدت حائلا آخر . فلما كانت الفكرة القائلة بعدم وجود تغير فى السماوات قد ثبتت لدى علماء الفلك باتوا يستنكفون الابلاغ عن أى تغيير ، اذ كانوا يخشـون أن ينال ذلك من مصداقيتهم ومن سمعتهم . ولربما كانوا يغمضون لأنفسهم بأن الوهن بدأ ينال من بصرهم وبأنهم يعانون خداع النظر . فبهذه الطريقة يتحاشون مغبة الاعلان عن أمر يلقى استهجانا من العامة .

بل ان مسألة الاعلان عن أى تغير قد تصل الى حد المساس بالمقدسات فلقد كان علماء الفلك فى القرون الوسطى ، سواء المسيحيون أو المسلمون ، يرون فى كمال السماوات ، لا سيما الشمس ، رمزا لكمال الاله . ولما كان السعى الى اكتشاف خلل فى هذا الكمال يحمل تشكيكا فى صنيع الله ، فهو اذن من الكبائر . بل ان اعتقادهم بعدم كمال الأرض انما كانوا يعزونه الى معصية آدم وحواء حيث أكلا من الشجرة المحرمة فى جنة عدن ، وان لم يكونا قد فعلا ذلك ربما اكتسبت الأرض صفة الكمـال مثل بقية السمـاوات .

ومن ثم ، فربما يكون تاريخ الفلك القديم قد شهد ظهور نجوم جديدة بين حين وآخر ولكن اما لم يرصدها أحد من الفلكيين أو لم يصدقوا أعينهم أو أنهم لاذوا بالصمت لمجرد ايثار السلامة .

النجوم « ضيوف » الصين

لم تكن أوروبا والشرق الأوسط المهدين الوحيدين للحضارة ·

فلقد كانت الصين على مدى الفى عام فيما بين سنة ٥٠٠ قبل الميلاد وحتى ١٥٠٠ م متقدمة تقدما كبيرا على الغرب فى العلوم والتكنولوجيا · وكان علماء الفلك الصينيون فى العصرين القديم والأوسط يراقبون السماء عن كثب ويسجلون أى شىء غير عادى أينما يحدث · فلم يكن هناك ما يكبح جماحهم من معتقدات عن الكمال أو خوف من كائنات خارقة اذ كانوا يعيشون فى مجتمع يميل الى العلمانية ·

وقد حدث بالفعل أن اكتشفوا مذنبا فى السماء عام ١٣٤ قبل الميلاد، وذلك يؤيد ما رواه المؤرخ الرومانى عما يكون هيبارخوس قد رآه ·

ولم يكن الصينيون يدرسون السماء لأسباب فكرية بحتة ، فقد كانوا هم أيضا مولعين بالتنجيم ، شأنهم فى ذلك شأن البابليين واليونانيين · وقد وضعوا مدلولات لكل ما يمكن أن يحدث فى السماء واستخدموها للتنبؤ باحتمالات وقوع شتى الأحداث المستقبلية على الأرض ·

ولما كان معظم ما يتنبأ به العرافون من أحداث نذير شؤم ، حيث كانت الاستطلاعات الفلكية تنذر فيما يبدو بالحروب والوفيات وانتشار الاوبئة ، فقد كان الناس ، لا سيما النبلاء ، بل والامبراطور نفسه يلجأون الى تحصين أنفسهم لتفادى الحدث أو تحجيم وقعه · ولم يكن غريبا أن يتم اعدام العرافين المعينين فى البلاط اذا وقع مكروه دون سابق انذار ·

وبالتالى فقد كان علماء الفلك الصينيون يراقبون بكل دقة ومثابرة أى نجم « ضيف » يحتل بصفة مؤقتة مكانا بين النجوم الثابتة · وقد ورد فى سجلات التاريخ ما يربو على خمسين من هذه النجوم الجديدة بينما قد غابت تماما على علماء الفلك الغربيين · كما أن العلماء الكوريين واليابانيين ، الذين نقلوا عن الصين العلوم والتكنولوجيا ، اكتشفوا أيضا بعضا من هذه النجوم ·

وكان عدد من النجوم الجديدة التى اكتشفها الصينيون شديد البريق وظل مرئيا لستة أشهر أو يزيد ، ومنهم خمسة على وجه الخصوص اكتشفوا فى العصرين القديم والأوسط · ففى عام ١٨٣ م اكتشف الصينيون على سبيل المثال نجما جديدا شديد البريق فى برج قنطورس ، وفى عام ٣٩٣ م اكتشفوا نجما آخر أقل لمعانا فى برج العقرب ·

ولما كانت تلك القرون قد شهدت اندثار علم الفلك اليونانى (اذ لم

يات عالم فلك ذو شأن من بعد بطليموس) ولم يكن الرومان مهتمين بأى فرع من فروع العلم ، فليس غريبا ألا يكتشف أحد فى أوروبا هذه النجـوم .

والنجم الجديد فى برج العقرب كان على الأرجح أقل بريقا من الشعرى اليمانية (أسطع النجوم الدائمة فى السماء) ، واذا لم يتصادف أن كان أحد يفحص السماء بعناية وينظر تحديدا الى ذلك الجزء من السماء وهو على دراية به ، أو استعان بخريطة ، فلا يبعث على الدهشة مطلقا أن يمضى ذلك النجم دون أن يكتشف .

علاوة على ذلك ، فرغم أن النجم المذكور ظل مرئيا لحوالى ثمانية شهور الا أنه لم يكن بنفس درجة بريق الشعرى اليمانية الا لبضع ليال ، ثم بدأ يخبو . وكلما انطفأ بريقه تضاءل احتمال أن يرصده أحد ، لا سيما ان كان لا يضارع علماء الفلك الصينيين فى مثابرتهم .

أما النجم الجديد الذى رصده الصينيون عام ١٨٣ فى برج قنطورس فقد كان أسطع بكثير من ذلك الذى ظهر بعد مائتى عام فى برج العقرب ، فضلا عن انه ظل لبضعة أسابيع أكثر بريقا من أى شىء فى السماء باستثناء الشمس والقمر . لذلك فانه يبدو مستحيلا الا تدركه الأبصار . غير أنه كان يقع فى أقصى جنوب السماء وذلك من شأنه أن يزيد من صعوبة رصد أى نجم مهما كانت درجة بريقه . ولم يحدث لدى رصد ذلك النجم الجديد من مرصـد لويانج الصينى أن ارتفع أكثر من ثلاث درجـات أعلى خط الأفق الجنوبى .

وفى أوروبا كان من المستحيل أن يراه أحد من أى بقعة فى فرنسا أو ألمانيا أو ايطاليا ، أما لو رصده أحد من صقلية أو أثينا فسوف يراه بالكاد على خط الأفق ، ولكنه سيظهر بدرجة ملحوظة لو اتجهنا أكثر الى الجنوب ورصـد من الاسـكندرية وقد كانت حينذاك مركزا للعلوم اليونانية .

ومع ذلك ، لم يشر أحد من علماء الفلك اليونانيين الى ذلك النجم . ولكن يجدر القول بأنه لو أن أحدا من الاسكندرية قد رصد هذا النجم لما أشار اليه احتراما لنظرية أرسطو ، وحتى لو أعلن عنه لاصطدم برفض تام ومن ثم فلا جدوى من الاعلان .

وعلى مدى ستة قرون بعد رصد نجم برج العقرب عام ٣٩٣ ، خلت السجلات الصينية من ذكر أى نجم جديد ذى بريق ملحوظ . ثم فى عام

١٠٠٦ رصد نجم جديد في برج لوبوس Lupus المجاور لبرج قنطورس غير انه ظهر أيضا في السماء الجنوبية .

وقد رصد علماء الفلك في كل من الصين واليابان ذلك النجم رغم موقعه في أقصى جنوب السماء . أما في الغرب ، حيث كان العرب في قمة تفوقهم العلمي وكانوا أفضل من يمارسون علم الفلك في ذلك الحين ، فقد ورد أيضا ذكر ذلك النجم ثلاث مرات على الأقل في مدوناتهم .

ولا غرابة فيما حظي به النجم الجديد من اتساع مجال رؤيته . فقد أجمعت كل التقارير على شدة بريقه . ويقدر بعض علماء الفلك من العصر الحديث بريقه بأنه يناهز مائتي مثل بريق كوكب الزهرة في ذروته أي حوالي عشر بريق القمر وهو بدر . وقد ظل في مرمى البصر لحوالي ثلاث سنوات وان لم تزد الفترة التي كان فيها أكثر بريقا من الزهرة عن بضعة أسابيع .

وكان النجم الجديد على ارتفاع كاف من خط الافق يتيح رصده من الجنوب الأوروبي . ولعلنا نتصور علامات الدهشة والرهبة التي ترتسم على وجوه الناس في ايطاليا واسبانيا وجنوب فرنسا لو أنهم تطلعوا ليلا الى السماء الجنوبية ورأوا ذلك النجم . لكنهم لم يفعلوا ، أو على الأقل ليس هناك ما يدل على ذلك . وقد ورد في السجلات المحفوظة في اثنين من الأديرة ، واحد في سويسرا والثاني في ايطاليا ، ما يوحي بأن شيئا ظهر في السماء في ذلك العام ، مما قد يفسر بأنه نجم ساطع .

ولما كان البعض آنذاك في أوروبا يتوقع أن تحل نهـاية العالم بعد نحو ألف عام من مولد المسيح ، وبما أن النجم الجديد ظهر عام ١٠٠٦ ، فقد يتبادر الى الذهن انه كان حري بالأوروبيين أن يعتبروه علامة على هذه النهاية . ولكن حتى هذا الاحتمال المرعب لم يبعث فيما يبدو أحدا على مجرد الاشارة الى ذلك الحدث .

ثم حدث في عام ١٠٥٤ (في الرابع من يوليو وفقا لبعض الحسابات) أن ظهر في السماء قبل طلوع الفجر نجم ساطع جديد ولكن في برج الثور هذه المرة ، بعيدا الى الشمال من خط الاستواء . وعلى خلاف النجمين الجديدين السابقين اللذين ظهرا في السماء الجنوبية (١٨٥ م و ١٠٠٦) ، كان النجم الجديد مرئيا بوضوح في كل النصف الشـمالي من الكرة الأرضية ، علاوة على انه كان يقع في دائرة البروج ومن ثم ما كان ليخطئه أحـد .

ومما ضاعف من فرص رصد النجم الجديد انه كان يضاهي الشعرى اليمانية في بريقه مثل نجم عام ٣٩٣ الذي ظهر أيضا فى دائرة البروج · وكان لمعانه في أقل التقديرات ضعف أو ثلاثة أمثال لمعان كوكب الزهرة فى أوجه ، كما ظل لمدة ثلاثة أسابيع ساطعا بقدر يتيح لمن يعرف مكانه ان يراه فى وضح النهار · أما فى الليل فقد كان يلقى بظل كثيف مثلما ينتج عن كوكب الزهرة فى حال توافر ظروف مواتية · وقد استمر النجم الجديد في برج الثور مرئيا بالعين المجردة لمدة تناهز العامين وربما فاق فى بريقه أى نجم جديد ظهر فى العصور القديمة فيما عدا ذلك الذى ظهر عام ١٠٠٦ ·

ولقد ساد فيما بعد اعتقاد بأن علماء الفلك الصينيين واليابانيين هم وحدهم الذين رصدوا فى السماء ذلك الجسم الساطع المدهش · اذ لم يرد فيما يبدو أى ذكر عنه سواء لدى الأوروبيين أو العرب ·

ولكن كيف يتسنى ذلك ؟ لابد أن النجم الجديد ، عندما كان فى أوج بريقه خلال شهر يوليو ١٠٥٤ ، كان شديد اللمعان قبل بزوغ الفجر ، وربما كان معظم الأوروبيين نائمين فى هذا الوقت ، أو ربما كانت هناك سحب كثيفة تحجب الرؤية · واذا كان النجم مرئيا ، أيكون القلائل المستيقظون والمتطلعون الى السماء قد التبس عليهم الأمر وظنوا ببساطة أنه كوكب الزهرة ، أما الذين هداهم تفكيرهم الى « استحالة أن يكون ذلك بكوكب الزهرة » فمن المحتمل أن يكونوا قد استرجعوا نظريات أرسطو وفكروا في كمال صنع الله ثم حولوا نظرهم على مضض ·

بيد أنه عثر فى الأعوام القليلة الماضية على تقرير عربى يشير فيما يبدو الى ظهور نجم جديد براق عام ١٠٥٤ ، بل ثمة مخطوط ايطالى يشير أيضا اليه ·

ولقد كان ذلك مبعث ارتياح شديد ، اذ ثمة شعور لدى المتعصبين للعرف الأوروبى السائد يشكك فى حقيقة ظهور أى نجم مادام لم يرد عنه ذكر فى أوروبا · بل ربما كان القول بأن الغرباء من أهل البلاد البعيدة قد جمح خيالهم هو أقرب الى القبول من القول بأن الأوروبيين قد لا يرون ما تحت أقدامهم · ومع ذلك ، وكما سنشرح فيما بعد ، فحتى ان لم يكن هناك أى بيان من الغرب ، فهناك يقين تام بأن علماء الفلك الصينيين واليابانيين كانوا على صواب ·

وفى عام ١١٨١ أعلن الصينيون واليابانيون عن ظهور نجم جديد ولكن فى برج ذات الكرسى (Cassiopeia) هذه المرة مما يجعله مرئيا

بوضوح فى كل النصف الشمالى من الكرة الأرضية • غير أن بريقه لم يتجاوز بريق النجم المعروف باسم النسر الواقع ، ثانى نجوم السماء الشمالية من حيث شدة اللمعان ، وظل كذلك الى أن اختفى دون أن يراه أحد فى أوروبا •

ثم مرت أربعة قرون دون رصد أى نجم جديد • وعندما ظهر أول نجم جديد بعد ذلك كانت الظروف قد تغيرت • فاذا كان الصينيون واليابانيون قد بقوا على كفاءتهم فان أوروبا شهدت بعثا جديدا وصارت الريادة فى العالم للعلم الأوروبى •

المستعر الأول

فى عام ١٥٤٣ نشر عالم الفلك البولندى نيكولاس كوبرنيكوس (١٤٧٣ ـ ١٥٤٣) كتابا شرح فيه الحسابات اللازمة للتنبؤ بمواقع الكواكب على أساس أن الأرض ومعها كواكب عطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل تدور كلها حول الشمس • (وكان الاعتقاد مازال سائدا بأن القمر يدور حول الأرض) وقد جاء هذا الافتراض بتيسيرات بالغة وأدى الى اعداد جداول فلكية أفضل ، حتى وان كان كوبرنيكوس قد أخذ بالنظرية السابقة القائلة بأن الكواكب تتحرك فى مجموعات من مدارات متوافقة •

وقد أثار هذا الكتاب ، الذى نشر فى آخر أيام كوبرنيكوس (حيث يعتقد أنه تلقى أول نسخة من الكتاب وهو على فراش الموت) جدلا شديدا • فقليل من كان لديهم الاستعداد لتقبل فكرة أن الكرة الأرضية بمثل هذا الحجم والوزن تحلق فى الفضاء بسرعة هائلة ، لا سيما وانه ليس هناك أدنى احساس بالحركة •

وبعد ثلاثة أعوام من نشر كتاب كوبرنيكوس ولد تيكو براهى (١٥٤٣ ـ ١٦٠١) فى اقليم بأقصى جنوب السويد وقد كان آنذاك جزءا من الدانمرك • وقد درس براهى فى مقتبل عمره القانون الا انه عندما بلغ الأربعين من عمره لفت نظره كسوف الشمس مما حول اهتمامه الى علم الفلك (فكان خيرا له ولعلم الفلك معا) •

وقد واتته فرصته فى ١٥٧٢ حيث كان فى السادسة والعشرين من عمره ولم يكن اسمه قد عرف بعد فى أوروبا •

كان الأوروبيون حتى ذلك التاريخ ، بما فيهم الفلكيون ، لا يعرفون شيئا عن النجوم الجديدة • ولم يكن هناك سوى تلك القصة المبهمة عن

نجم هيبارخوس الذى لم يذكر بطليموس شيئا عنه وبالتالى ما كانت تتردد الا كمجرد اسطورة قديمة • وكانت الاشارات العابرة التى وردت فى واحد او اثنين من السجلات الغربية عن نجمى عامى ١٠٠٦ و ١٠٥٤ على درجة من الغموض بحيث يحتمل الا يكون أحد من علماء الفلك فى القرن السادس عشر قد عرف شيئا عنهما •

هكذا كان الحال ! وبالطبع لم يكن أى فلكى أوروبى يعلم شيئا عن المعلومات التى جمعها الصينيون والكوريون واليابانيون •

وفى الحادى عشر من نوفمبر ١٥٧٢ وبينما كان تيكو براهى خارجا من معمل الكيمياء الخاص بعمه رأى نجما جديدا لم يكن قد رآه من قبل • وكان النجم الجديد فى برج ذات الكرسى ، عاليا فى السماء وأكثر بريقا من أى نجم آخر فى ذلك البرج المعروف جيدا • وما كان لأحد فى مثل دراية تيكو بخريطة السماء أن يخطئه •

كان النجم الجديد أسطع كثيرا من كوكب الزهرة وهو فى أوجه ، مثله فى ذلك مثل النجم الجديد الذى ظهر عام ١٠٥٤ • وما كان لأحد من علماء الفلك أن يعتقد من قبيل الخطأ انه كوكب الزهرة حيث كان خارج دائرة البروج وبعيدا عن مواقع الكواكب •

وأخذ تيكو ، وهو مفعم بالاثارة ، يسأل كل من يصادفه أن ينظر الى النجم الجديد عسى أن يخبره أحد بما اذا كان ذلك النجم موجودا فى الليلة السابقة ام لا •

وكانت الاجابة دائما ان النجم موجود ، فلا عيب اذن فى بصر تيكو • الا أنه لم يكن بوسع أحد القول بما اذا كان ذلك نجما جديدا أم لا ، واذا كان جديدا فمتى ظهر لأول مرة • ورغم أنه كان نجما ساطعا بدرجة ملفتة ، فقد يزعم أى شخص آخر انه كان موجودا طيلة ليالى عمره •

غير أن تيكو كان على يقين من أنه لم يكن ثمة شىء كهذا فى السماء عندما تطلع اليها آخر مرة ، وكان ذلك قبل فترة لانشغاله باجراء بعض التجارب الكيميائية فى معمل عمه • ومن ثم لم يكن بوسعه أن يؤكد أن النجم الجديد لم يكن موجودا فى واحدة أو عدة ليال سابقة • (تجدر الاشارة الى أن عالم فلك المانى يدعى ولفجانج شولر لاحظ ذلك النجم الجديد قبيل فجر السادس من نوفمبر أى قبل أن يراه تيكو بخمسة أيام) •

وقد شرع تيكو فى عمل لم يسبقه اليه فلكى آخر حيث بدأ سلسلة من الاستطلاعات الليلية مستعينا بآلة سدس كبيرة وهى واحدة من مجموعة

أجهزة رائعة صممها ونفذها لدى اقامته في وقت سابق في ألمانيا . وقد قاس تيكو بوحدات الزوايا المسافة بين النجم الجديد والنجوم الأخرى في برج ذات الكرسي . وقد أجرى معايرة دقيقة لأجهزته من أجل تصحيح أي خطأ ناتج عن أي عيب في التصميم كما كان له السبق في الأخذ في الحسبان بنسبة انكسار الضوء نتيجة مروره بالغلاف الجوى . كما سجل بكل دقة جميع مشاهداته والظروف المحيطة بها .

ولم يكن لديه تلسكوب ، فهذا الجهاز لم يخترع الا بعد ٣٦ سنة من هذه الأحداث ، الا انه اكتسب شهرة بوصفه أفضل من تتبع الأجرام السماوية في تاريخ الفلك قبل ظهور التلسكوب . ولقد شكلت ملاحظاته عن النجم الجديد ، التى ربما فاقت في أهميتها نظرية كوبرنيكوس الجديدة ذاتها ، نقطة انطلاق لعلم الفلك الحديث .

وقد كان النجم الجديد على مقربة من النجم القطبى الشمالى وكان يتحرك حوله في مدارات صغيرة ، ومن ثم لم يحدث أن توارى أسفل الأفق وبالتالى لم يغب عن نظر تيكو ولم يفلت من متابعته في أى ساعة من الليل . وقد بهره مدى بريق النجم الجديد حتى انه كان يراه في وضح النهار .

الا أن هذا البريق لم يستمر الا لفترة قصيرة نسبيا ، فكان يخبو ليلة بعد أخرى ، حتى اذا حل شهر ديسمبر ١٥٧٢ كان هذا البريق قد خبا عن بريق كوكب المشترى ، فلما كان فبراير ١٥٧٣ كان قد تضاءل حتى كاد النجم الجديد الا يرى الا بصعوبة لكى يختفى فيما يبدو في مارس ١٥٧٤ بعد أن ظل مرئيا وخاضعا لمتابعة تيكو لمدة ٤٨٥ يوما . وقد رصد علماء الفلك الصينيون والكوريون أيضا النجم الجديد الا انهم لم يجروا قياسات دقيقة لموقعه مثلما فعل تيكو . وكانوا قد بدءوا يتقهقرون الى المرتبة الثانية بعد الأوروبيين .

ولكن ماذا كانت ماهية هذا النجم الجديد ؟ آكان مجرد ظاهرة جوية (على فرض صحة اعتقاد أرسطو بكمال واستقرار السماوات) ؟ أيمكن أن تمتد ظاهرة جوية متصلة لمدة ٤٨٥ يوما وأن تبقى أيضا ثابتة في مكان واحد على وجه التحديد ، اذ لم يحدث أن رصد تيكو بقياساته الدقيقة طوال تلك المدة أية زحزحة ملموسة للنجم الجديد بالنسبة للنجوم الأخرى في البرج .

ولم يتوقف تيكو عند هذا الحد ، بل حاول تحديد مسافته المباشرة عن طريق قياس مدى « اختلاف المنظر » (Parallax) . وبارالاكس أي جرم

سماوى هو الاختلاف في موقعه بالنسبة لأجرام اخرى أبعد منه مع تغير اماكن الرصد ·

والقمر ، وهو أقرب الأجرام السماوية الى الأرض ، له بارالاكس محدود ولكن يمكن قياسه بدون تلسكوب · وكان بعده عن الأرض يقدر فى زمن هيبارخوس بثلاثين مثل قطر الأرض ، أما بالوحدات الحديثة فهذا البعد يساوى ٣٨٠ ألف كيلو متر (٢٤٠ ألف ميل) ·

ولابد لقياس بعد أى جرم له بارالاكس أقل من ذلك الخاص بالقمر أن يكون على مسافة أكبر من القمر · وكان بارالاكس النجم الجديد من الصغر بمكان حتى ان كل محاولات تيكو المستميتة لقياسه باءت بالفشل · ونستنتج من ذلك أن النجم الجديد لم يكن ظاهرة جوية ولكنه نجم كبقية النجـوم ·

تلك نتيجة على درجة كبيرة من الأهمية ، حتى ان تيكو قرر بعـد تردد طويل أن يدونها فى كتاب · وكان تيكو يعتبر نفسه من النبلاء ، وما كان لنبيل فى ذلك الوقت أن يتواضع ويشرح لبشر دونه فى المستوى ولكن ما اكتسبت به طبيعة اكتشافه من أهمية شجعته على ذلك ·

وقد نشر الكتاب عام ١٥٧٣ ، كان مكتوبا باللغة اللاتينية مثل كل الكتب المدرسية فى ذلك الحين · وكان ذا حجم كبير لكن عدد صفحاته لم تتجاوز ٥٢ صفحة · وكان له عنوان كبير ولكن جرت العادة فى معظم الأحيان على اختصاره الى « دى نوفا ستيلا » أى « عن النجم الجديد » ·

وقد تضمن الكتاب الكثير عن معنى النجم الجديد فى علم التنجيم ، فقد كان تيكو ، شأنه فى ذلك شأن معظم علماء الفلك فى ذلك الحين ، يؤمن ايمانا عميقا بالتنجيم · والى جانب ذلك وصف تيكو فى كتابه بريق ذلك النجم وكيف كان يخبو من أسبوع لأسبوع ، وحدد موقعه بالقياسات ، بل ورسم خريطة تبين مكان النجم الجديد بالنسبة للنجوم المحيطة به بحيث يمكن للناس أن يكونوا صورة دقيقة لما رآه تيكو ·

وأهم من ذلك ، شرح كيف أنه ظل ثابتا فى مكانه ، وأن مقدار ماله من (بارالاكس) أقل من أن يقاس ومن ثم فهو نجم ، ونجم جديد · وخلص الى نتيجة جلية وهى أن السماوات قد شهدت تغيرا لا جدال فيه ·

وقد أحدث الكتاب دويا كبيرا اذ وضع نهاية لعلم الفلك اليونانى ، وبات لا مناص من التخلى عن كل الأفكار المتعلقة بدوام وكمال السماوات · وقد عزز ذلك الاتجاه أن مذنبا براقا ظهر عام ١٥٧٧ وتحرك بصورة جلية بالنسبة لخلفية النجوم ، الا ان تيكو بين أن المذنب ليس له « بارالاكس » ،

وبذلك يتضح أن حتى المذنبات تقع أبعد من القمر ومن ثم فهى تنتمى للسماوات وليست ظاهرة جوية ٠

وبمجرد أن نشر تيكو كتابه أصبح أشهر عالم فلك فى أوروبا ، علاوة على أن كلمة « نوفا » بمعنى « مستجد » التى وردت فى عنوان الكتاب استخدمت للدلالة على النجم الجديد وكل ما استجد من نجوم ٠ ومنذ ذلك اليوم واسم « نوفا » يطلق على أى نجم يستجد على السماوات ٠

مزيد من النجوم المستجدة

وقد كان من نتائج اكتشاف تيكو أن كثيرين من علماء الفلك شرعوا فى متابعة النجوم بمزيد من الاهتمام بدلا من التركيز على الكواكب ٠ وصار اكتشاف نجم كفيلا بجلب الشهرة لصاحبه ٠ وبات واضحا على مدى جيل أنه ليس بمسألة نادرة على الاطلاق أن تطرأ تغيرات على النجوم المتسمة بالاستقرار ٠

وفى عام ١٥٩٦ رصد ديفيد فابريشيوس (١٥٦٤ ـ ١٦١٧) ، وهو عالم فلك ألمانى صديق لتيكو ، نجما فى برج قيطس لم يكن موجودا من قبل ٠ وكان بريقه من الدرجة الثالثة أى أنه متوسط اللمعان ٠ وكان علماء الفلك قد عزموا على الا يدعوا أى شىء يفوتهم ٠

ولكن هل كان ذلك نجما جديداً بالفعل ؟ لم يعد البت فى هذه المسألة بمشكلة ، اذ لا يتطلب الأمر سوى الاستمرار فى متابعته ٠ ولما أفل النجم الجديد مع مرور الوقت استقر الأمر وأعلن فابريشيوس بكل ثقة عن اكتشاف نجم مستجد ٠

ويرجع الاكتشاف التالى لعالم الفلك الألمانى جوهانس كبلر (١٥٧١ ـ ١٦٣٠) ٠

كان كبلر قد عمل مع تيكو فى السنوات الأخيرة من حياته ٠ وكان تيكو ، الذى أمضى سنوات عديدة فى اجراء قياسات دقيقة لمواقع كوكب المريخ المتغيرة بالنسبة لخريطة النجوم ، يأمل فى أن يتمكن من استخدام تلك القياسات لاثبات صحة ما طرحه من أفكار وسطية فيما يتعلق بمدارات الكواكب ٠ فقد كان يرمى الى بيان أن الكواكب عطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل تدور كلها حول الشمس بينما تدور الشمس ومعها الكواكب حول الأرض ٠

ولما مات تيكو عام ١٦٠١ ترك كل ما توصل اليه من نتائج لكبلر املا فى أن يستخدمها فى اقامة الدليل على « النظام التيكرى » ٠

وبالطبع لم يكن بوسع كبلر أن يؤكد ذلك النظام ٠ ولكنه تمكن فى عام ١٦٠٩ من أن يثبت أن المريخ لا يتحرك حول الشمس فى دائرة أو توافقية دوائر على نحو ما أكده بلاتو وافترضه من بعده كل علماء الفلك الغربيين بما فيهم كوبرنيكوس ٠ وأوضح أن المريخ ، بدلا من ذلك ، يتحرك حول الشمس فى مدار بيضاوى تقع هى فى أحد مركزيه ٠ ومضى كبلر يبين أن كافة الكواكب تتحرك فى مدارات بيضاوية ٠

وبذلك يكون كبلر قد توصل أخيرا الى توصيف النظام الشمسى الحالى ٠ وهذا التوصيف هو الذى يتفق مع الواقع وليس نظام كوبرنيكوس ٠ وعلى مدى القرون الأربعة التالية لذلك لم يدخل الفلكيون أى تعديل جوهرى على نظام كبلر ٠ ورغم التوصل الى نظريات أشمل ، فضلا عن اكتشاف كواكب جديدة ، الا أن توصيف المدارات البيضاوية لم يتغير ومن المؤكد فيما يبدو انه سيبقى ٠

الا انه فى عام ١٦٠٤ وقبل أن ينتهى كبلر تماما من اعداد نظامه ، سطع نجم جديد فى برج الحوية ، وكان أسطع من نجم فابريشيوس ولا يقل بريقه بأى حال عن نجم تيكو ٠ وكان على نفس درجة لمعان المشترى ولكن بريقه لم يتجاوز على وجه التقريب خمس درجة بريق كوكب الزهرة فى أوجه ٠

وكان اكتشاف نجم جديد مازال حدثا له وقع السحر حتى لو وقع فى سماء صارت خاضعة لمسح شامل بواسطة مختلف علماء الفلك ٠ وقد أجرى كبلر وفابريشيوس أيضا قياسات دقيقة لذلك النجم ولما يطرأ عليه من تغيرات أسبوعا بعد أسبوع الى أن اختفى بعد عام من ظهوره ٠

وهكذا تكون الفترة من ١٥٧٢ الى ١٦٠٤ ، وهى تمثل جيلا واحدا ممتدا لمدة ٣٢ سنة ، قد شهدت رصد ثلاثة نجوم جديدة منها اثنان على درجة ملموسة من البريق ٠ وشكلت النجوم الثلاثة ظواهر مشهودة رغم ما تبدى من أنها ليست بالندرة التى كان يتوقعها مكتشفوها ٠

النجوم المتغيرة

رؤية المستتر

استمرت عمليات مسح العلماء للسماء وبلغت ذروتها سنة ١٦٠٤ وقت أن اكتشف كبلر نجمه الجديد • وكان الاعتقاد مازال سائدا بأن السماء عبارة عن كرة صلبة والنجوم حبات مضيئة مستقرة فيها •

وبين الحين والحين تظهر على غير توقع نقطة مضيئة بالغة الصغر ـ نجم جديد ـ أضافتها قوة خفية الى قبة السماء • وتتوهج تلك النقط المضيئة ثم لا تلبث في المعتاد ان تخبو وتأفل • وكلما اشـــتد بريقهـا طال أمد أفولها ولكنها فى النهاية تختفى كلها ان آ جلا أو عاجلا •

ولكن عندما يأفل نجم مستجد ، فهل يبقى موجودا لكن لاتدرك بريقه العين البشرية ؟ واذا كان الأمر كذلك ، فهل هناك نجوم درجة بريقها أضعف دائما من أن تدرك ؟ أثمة نجوم موجودة منذ بداية الكون ولكنها لسبب أو لآخر كانت ذات بريق لا يرى وبالتالى لم تدركها الأبصار مطلقـا ؟

لابد أن بعض العلماء قد ذهب تفكيرهم الى ذلك • بل ان قسا ألمانيا يدعى نيكولاس اوف كوزا (١٤٠١ ـ ١٤٦٤) فكر فى أن ثمة عددا لا نهائيا من النجوم منتشرة فى فضاء لا أول له ولا آخر ، وأن كل النجوم ما هى الا شموس فى الواقع ولكنها قد تبدو نقط ضوء باهتة (هذا لو أدركها البصر أصلا) لوقوعها على مسافات هائلة من الأرض ، وأن كل النجوم تحيط بها كواكب ، بعضها على الأقل ماهول بكائنات عاقلة • واذا كان الانسان لا يرى الا بضعة آلاف من هذا العدد اللانهائى من النجوم فانما يرجع ذلك الى أنها لا تدرك بالبصر لقلة بريقها •

وقد بدت آراء نيكولاس بالغة التطور لكن ليس لدينا ادنى فكرة من

أين أتى بها • بل انه لم يستطع هو نفسه أن يقنع أحدا بتلك الأفكار الخارقة اذ لم يكن لديه ما يعززها به من مشاهدات من أى نوع •

الا أن عالما ايطاليا يدعى جيوردانو برونو (١٥٤٨ ـ ١٦٠٠) تبنى تلك الأفكار بعد قرن ونصف من الزمان • ولكنه جاء في وقت كان الاصلاح البروتستانتى قد عم فيه وبات رجال الكنيسة في كل أوربا مفعمين بالريبة وعدم الأمان ويرهبون خطورة مناصرة أى أفكار غريبة خشية التعرض للأذى • غير أن برونو كان عنيدا ويهوى التصلب ومهاجمة الناس حتى انتهى به الأمر الى أن أعدم حرقا •

ولم يكن لدى برونو أيضا أى أدلة على آرائه • وعند وفاته لم يكن أحد على وجه التقريب قد اقتنع بوجود نجوم لا تدركها الأبصار • وكان التساؤل المطروح : لماذا تكون هناك مثل تلك النجوم الخفية ؟ ولماذا يخلقها الله ؟ وكان البعض يرى حرمانية الادعاء بأن الله يخلق شيئا لا فائدة له •

وفى عام ١٦٠٩ سمع عالم ايطالى آخر هو جاليليو جاليلى (١٥٦٤ ـ ١٦٤٢) عن اختراع في هولندا يتمثل في أنبوبة مزودة بعدسات عند طرفيها تجعل الأشياء تبدو مكبرة ومقربة • وشرع جاليليو فورا في اجراء التجارب وسرعان ما حصل على ما نطلق عليه اليوم تلسكوبا • وفى سابقة جريئة استدار بمنظاره صوب السماء •

كان تلسكوب جاليليو آلة صغيرة بدائية ولكن تلك كانت المرة الأولى التى يقوم فيها شخص بمسح السماء في الليل مستعينا بشىء أقوى من العين المجردة • ويتميز التلسكوب بمقدرة تفوق العين في تجميع كمية أكبر من الضوء ثم تركيزها على شبكية العين ، ومن ثم كل شىء يبدو أكبر أو أكثر بريقا أو كليهما معا • وبدا القمر أكبر وبان مزيد من تفاصيله • كذلك الشمس على أن يحتاط الناظر اليها لئلا تصاب عينه بأذى من شدة ضوئها • وظهرت الكواكب أضخم وأصبحت دوائر صغيرة من الضوء • أما النجوم فقد كانت من الصغر بمكان حتى انها رغم التكبير لم تزد عن مجرد نقط ضوئية ولكنها على الأقل بدت أكثر بريقا •

وأخذ جاليليو يفحص السماء بتلسكوبه وأينما وقعت عينه رأى أشياء جديدة ومدهشة • فقد رأى على سطح القمر جبالا وفوهات براكين ومساحات مسطحة اعتقد انها بحار • ورصد بقعا على سطح الشمس • ورأى أربعة أقمار تدور حول كوكب المشترى • كما لاحظ أن كوكب الزهرة تتغير هيئته دوريا مثل القمر • وبدا من المشاهدات بالتلسكوب أن الكواكب ان هى على الأرجح الا عوالم ، مثلها مثل الأرض وربما تتعرض على غرارها للتغير وتشوبها العيوب • وحتى الشمس انتفت عنها صفة الكمال

بعدما اكتشف من بقع على سطحها . أما المراحل التى اكتشف جاليليو أن كوكب الزهرة يمر بها فما كان ليظهرها نظام بطليموس ولكن قد يفيد نظام كوبرنيكوس بوجودها .

ولما كانت مشاهدات جاليليو بالتلسكوب قد عززت بلا حدود نظرية كوبرنيكوس عن النظام الشمسى ، فقد اصطدم من جراء ذلك بالمحكمة الكاثوليكية التى أجبرته على انكار تلك النظرية . الا أن ذلك أثار استياء القوى الدينية المحافظة ، فقد كان العلميون فى أوروبا قد تقبلوا بلا تردد نظرية كوبرنيكوس القائلة بأن الشمس هى مركز النظام الكوكبى ، فضلا عن نظرية كبلر بشأن المدارات البيضاوية .

ولم يكن ما توصل اليه جاليليو بعد من اكتشافات مبكرة بالتلسكوب له أى علاقة بالنظام الشمسى . اذ عندما تطلع بالتلسكوب الى السماء لأول مرة وجهه الى درب اللبانة واكتشف انه ليس مجرد سديم مضىء ولكنه تجمع لعدد عظيم من النجوم التى لا يمكن رصدها بالعين المجردة . وأينما جال بنظره فى السماء اكتشف عديدا وعديدا من النجوم التى ما كان ليراها الا بالتلسكوب .

وبات واضحا أن السماء مكتظة بعدد هائل من النجوم التى لا يمكن رصدها بالعين المجردة لقلة بريقها ولكنها تصبح مرئية ما أن يكثف التلسكوب هذا البريق .

ويقودنا ذلك الى انه عندما يخبو نجم مستجد ويختفى فذلك لا يعنى بالضرورة أنه اختفى فى الواقع الى الأبد ولكن ربما يكون قد خبا لدرجة لا تتيح رصده بالعين المجردة . وبالتالى فان النجم المستجد قد لا يكون بالمرة نجما جديدا فى واقع الأمر ولكن مجرد نجم ذى بريق ضعيف فى المعتاد ثم سطع فجأة حتى أصبح مرئيا وبعد فترة خبا ثانية وتوارى فى الخفاء .

وفى عام ١٦٣٨ رصد عالم فلك ألمانى يدعى هولواردا أوف فرانكر (١٦١٨ ـ ١٦٥١) نجما يقع على وجه التحديد فى نفس المنطقة من السماء التى كان فابريشيوس قد اكتشف فيها « مستجدا » قبل اثنين وأربعين عاما . ولاحظ هولواردا أن ذلك النجم يخبو ويختفى ثم يعود للظهور . وتبين بالمتابعة أن بريقه يزيد ويضعف كل أحد عشر شهرا أو نحو ذلك ، بل ويمكن رصده بالتلسكوب حتى وهو فى أقل درجات بريقه . وقياسا بنظام هيبارخوس ، الذى اتسع نطاقه ليشمل ما أتاحه التلسكوب من رؤية درجات دنيا جديدة من البريق ، فان بريق ذلك النجم فى ادنى

مستوياته يكون من الدرجة التاسعة (وهو ما يوازى الدرجة السادسة لما يمكن رصده بالعين المجردة) ٠

ويقدر بريق نجم فابريشيوس وهو فى ذروته بحوالى مائتين وخمسين مثل درجته الدنيا ٠ اذن ، فهو ليس « مستجداً » بالمعنى الدقيق ٠ وحتى عند ذلك الحد ، فقد أتاح التوصل الى تلك الحقيقة نسف فكرة استقرار السماوات ، فان نجما متغيرا ، تتبدل درجة بريقه فى تناوب ، ليمثل تقويضا لنظرية أرسطو عن دوام الأجرام السماوية ، بقدر ما يمثله ظهور « نجم مستجد » ٠

ونتيجة لذلك بات يطلق على النجم الذى يتغير بريقه دوريا « متجدد التألق » ٠ وبذلك يكون هولواردا أول من اكتشف واحدا من هذه النجوم ٠ ومع ذلك استمر اسم « nova » رغم انها كلمة تعنى « جديد » ، يطلق على النجوم المتجددة التى تسطع فجأة وليس لها نظام دورى ٠ ولما كان نجم فابريشيوس يسطع ويخبو بشكل دورى فلم يعد « مستجدا » وانما أصبح مجرد نجم متجدد التألق ٠

وكان عالم الفلك الألمانى جوهان باير (١٥٧٢ ـ ١٦٢٥) قد ابتكر سنة ١٦٠٣ نظاما لتسمية كل نجم بحرف لاتينى يتبعه اسم البرج الواقع فيه ٠ وأطلق على نجم فابريشيرس ، عندما رصده فى احدى فترات ظهوره اسم « أعجوبة قيطس » ، « Omicron Ceti » (ولم يكن يدرى ان ذلك هو « المستجد » الذى اكتشفه فابريشيوس) ٠ وعندما تبينت طبيعة ذلك النجم متجدد التألق أطلق عليه عالم الفلك الألمانى جوهانس هيفيليوس (١٦١١ ـ ١٦٨٧) اسم « ميرا » ، وهى كلمة لاتينية بمعنى « مدهش » ٠

وقد اختير هذا الوصف لأن الطبيعة المتغيرة للنجوم بدت أول ما اكتشفت ظاهرة غريبة وفريدة الا أن ذلك لم يدم طويلا ٠ وقبل نهاية القرن السابع عشر كانت ثلاثة نجوم متجددة أخرى قد اكتشفت وكان واحد منها مشهورا اذ كان ثانى أسطع نجم فى برج الفرس الأعظم (فرساوس) وكان معروفا باسم «رأس الغول» وأحيانا باسم «Beta Persi» .

وفى عام ١٦٦٧ لاحظ عالم الفلك الايطالى جيمنييانو مونتانارى (١٦٣٣ ـ ١٦٨٧) أن بريق نجم « رأس الغول » متغير ولكن ليس بدرجات قصوى ، فكان مستوى البريق يتراوح بين ٢ر٢ درجة فى ذروته و ٥ر٣ درجة فى أضعف حالاته وذلك يعنى أن بريق النجم فى أوجه يعادل ثلاثة أمثال بريقه وهو فى أدنى درجاته ٠

وربما يكون العرب قد لاحظوا ذلك فى وقت سابق ، فهم الذين أطلقوا اسم الغول على ذلك النجم الذى يمثل حسب الأساطير الاغريقية رأس مدوزة ، الوحش البشع المروع الذى يشيب لرؤيته الولدان · أما الفرس الأعظم (فرساوس) فهو اسم البطل الأسطورى الاغريقى الذى عادة ما يصور ممسكا برأس الوحش مدوزة بعد أن صرعه · وعلى ذلك أيكون العرب قد أطلقوا هذا الاسم بما يوحيه من معنى لوصف بشاعة مدوزة ؟ أم لأن بريق النجم يتغير وبالتالى فهو يتحدى قدسية ثبات الاجرام السماوية ؟ ومن ناحية أخرى ، أيكون اليونانيون أنفسهم قد لاحظوا بجزع ذلك التغير ومن ثم مثلوا ذلك النجم برأس مدوزة ؟

وفى عام ١٧٨٢ عكف شاب انجليزى أصم أبكم فى السابعة عشرة من عمره يدعى جون جودريك (١٧٦٤ ـ ١٧٨٦) على مراقبة النجم الغول عن كثب واكتشف أن تغيراته تتم بشكل منتظم ، اذ أن بريقه يزيد ويقل وفقا لدورة تتم فى تسع وستين ساعة · وقد أوحى ذلك لجودريك فكرة أن رأس الغول مزدوج ، واحد أقل بريقا من الآخر ويدور كل منهما حول الآخر · وكل ٦٩ ساعة يأتى الأقل بريقا أمام قرينه الأكثر بريقا بحيث يخبو ضوء رأس الغول مؤقتا وهلم جرا · وقد تبين صواب ما وصل اليه جودريك وتم حتى الآن اكتشاف نحو مائتين من هذه « المتجددات الكسوفية » ·

يتضح من ذلك أن رأس الغول ليس نجما متجددا حقيقيا ، فان كلا من القرينين يسطع بدرجة ثابتة وما كان النجم ليبدو متغيرا لولا حركة القرينين الدورية حول بعضهما ·

وفى عام ١٧٨٤ اكتشف جودريك أن النجم المعروف باسم « دلتا قيفاوس » فى برج قيفاوس نجم متغير ولكن بدرجة أقل من الغول ، اذ ان نسبة درجتى بريقه العليا والدنيا لا تتجاوز الضعف · وكانت دورة التغير أيضا منتظمة للغاية وتتم فى ٥½ أيام · غير أن نظام تغير بريق دلتا قيفاوس لا يسهل شرحه بظاهرة الكسوف حيث كان يخبو بمعدل أقل من معدل توهجه بينما تقتضى تلك الظاهرة أن يكون المعدلان متساويين ·

وشهد القرنان التاليان اكتشاف عدد آخر من النجوم المتغيرة وفقا لمنحنيات بيانية تماثل نظام دلتا قيفاوس ولكن بدورات تتراوح مدتها بين يومين وخمسة وأربعين يوما · وسميت هذه النجوم « المتغيرات القيفاوية » · وظلت تلك المنحنيات مبهمة حتى سنة ١٩٢٠ حيث بين عالم الفلك الانجليزى آرثر ستانلى ادينجتون (١٨٨٢ ـ ١٩٤٤) انه يمكن شرحها بافتراض أن النجم يتغير بشكل نبضى أى يتضخم بصورة منتظمة ثم ينكمش ·

وتنتمى معظم النجـــوم المتغيرة الى ذات النـــوع من « المتغيرات النبضية » وبعضها ذو دورة قصيرة وبعضها ذو دورة طويلة ، بعضها منتظم وبعضها غير منتظم • وثمة آلاف من شتى الأنواع معروفة الآن •

وبما أن بريق النجوم « المتجددة » يتغير مع الوقت فهى تندرج أيضا ضمن النجوم المتغيرة • غير أن وجه الاختلاف البين هو أن مقدار التغير يزيد كثيرا عن مثيله فى النجوم المتغيرة الأخرى • فدرجة البريق تتضاعف الى عشرات آلاف الأمثـال لا الى مجرد الضعف أو ثلاثة أمثال ، ثم تخبو بطريقة ابطأ كثيرا وبدرجة تتجاوز مثيلتها تجاوزا كبيرا • علاوة على ذلك فان النجوم المتغيرة الأخرى تتغير بشكل دورى وعلى فترات متقاربة أما النجوم المتجددة فتغيرها يحدث مرة واحدة وحتى لو تكرر فان ذلك يتم على فترات متباعدة للغاية وبصورة غير متوقعة تماما •

حركـة ومســافة

بعد أن تحقق تماما أن الاجرام السماوية تخضع للتغير ، مر قرن ونصف دون رصد أى نجم مستجد آخر بعد هذين اللذين اكتشفهما تيكو وكبلر ، اذ لم يعد النجم الذى اكتشفه فابريشيوس واعتقد انه مستجد يندرج ضمن هذه الفئة بعدما اتضح من طبيعته •

ولا يعنى ذلك انه لم تظهر نجوم مستجدة أخرى ولكن يعنى أن تلك التى استجدت لم تكن مثيرة للانتباه ولم يرصدها أحد • فرغم تزايد عدد مراقبى السماء الا انه لم يكن هناك ما يكفى من علماء الفلك لدراسة كل شريحة من السماء اثناء الليل بقدر من الدقة والمثابرة يتيح رصد أى نجم مستجد لا سيما ان كان يفتقر الى ما يجذب الانتباه وسط هذا الكم الهائل من النجوم العادية التى اتاحت التلسكوبات الجديدة رؤيتها • وحتى فى يومنا هذا ، ورغم توافر خرائط رائعة لمواقع النجوم ورغم تقنيات التصوير المتطورة ، فقد تستجد نجوم دون أن يلاحظها أحد الا بعد فوات ذروتها الأولى ، بل وربما بعد اجراء مراجعة تفصيلية على صور التقطت فى أوقات سابقة •

غير أن حقبة القرن ونصف التى لم ترصد خلالها نجوم مستجدة لم تمر دون احراز تقدم مهم فى دراسة النجوم •

كان الاعتقاد مازال سائدا ، حتى بعد مائة عام من الدراسات التلسكوبية ، بان السماء عبارة عن كرة صلبة تحيط بمدار كوكب زحل (وكان ابعد كوكب معروف منذ العصور القديمة وحتى عام ١٧٠٠) ،

أما النجوم فهى حبـات صغيرة مضيئة عالقة بها • ويؤكد ذلك أنه رغم التكبير الضخم الذى اتاحه التلسكوب ظلت القبة الزرقاء الكبيرة تغلف كل شئ •

ولقد كان عالم الفلك الانجليزى ادموند هالى (١٦٥٦ ـ ١٧٤٢) هو أول من اكتشف مذنبا يتحرك فى مسار ثابت حول الشمس ثم يعود ادراجه بشكل دورى • وقد أطلق على المذنب منذ ذلك الحين اسـم « مذنب هالى » •

وعكف هالى فى السنوات التالية على دراسة مواقع مختلف النجوم بمزيد من الدقة ، فبقدر ما حدث من تطور فى التلسكوبات بقدر ما ازدادت دقة الرصد •

ولما قارن هالى خرائطه بالخرائط السابقة هاله أن يلحظ أن اليونانيين قد اخطأوا فيما يبدو فى تحديد بعض مواقع النجوم • وكانت نسبة الخطأ كبيرة لا يبررها عدم لحاقهم بعصر التلسكوب ، لا سيما فيما يتعلق بعدد من ألمع النجوم •

واحس هالى أنه ليس هناك سوى تبرير واحد : اليونانيون لم يخطئوا ولكن مواقع النجـوم هى التى تزحزحت على مـدى القرون الستة عشر السابقة • وفى عام ١٧١٨ أعلن هالى أن النجوم الساطعة الشعرى اليمانية والشعرى الشامية والسماك الرامح تحركت ثلاثتها بشكل ملحوظ منذ العصور اليونانية بل وتزحزت قليلا منذ أن قاس تيكو مواقعها طولا وعرضا قبل قرن ونصف •

وبدا لهالى أن النجوم ليست ثابتة بالمرة وانما تتجول عشوائيا فى مساحات شاسعة من الفضاء مثل أسراب النحل • ولما كانت النجوم تقع على بعد هائل من الأرض فان المسافات التى تقطعها تبدو متناهية الصغر بحيث يستحيل رصد أى تحرك فيما بين ليلة وأخرى أو عام وآخر ، واستمر ذلك حتى تطورت التلسكوبات بشكل يتيح قياس أى تزحزح مهما بلغ من الصغر •

وبقياس مواقع النجـوم جيـلا بعد جيل وقرنا بعد قرن أصـبحت التزحزحات ملموسة لا سيما بين النجوم القريبة من الأرض • وخلص هالى الى أن الشعرى اليمانية والشعرى الشامية والسماك الرامح لابد وأن تكون من النجوم القريبـة بما يفسر مقدار بريقها ومدى وضوح حركة كل منهـا •

ولكن على أى مسافات تقع النجوم ؟ قد يقول قائل انه يمكن حساب المسافة أو أمكن تحديد «بارالاكس» بعض النجوم. فبالامكان قياس مقدار التغير في موقع نجم ما مقارنة بنجم آخر أكثر بعدا ، ومثال ذلك الأرض التي تدور حول الشمس وتقطع في حركتها من جنب الى جنب ثلاثمائة مليون كيلومتر (١٨٦ مليون ميل) ٠ ولكن حتى الحركة النسبية لأقرب النجوم الى الأرض كانت على درجة من الصغر بحيث ما كان لامكانات تلسكوبات عصر هالى، ولا لقرن بعده ، أن تتيح قياس بارالاكس أى نجم ٠

واستمرت مسألة قياس مسافات النجوم مستعصية حتى عام ١٨٣٨ حيث نجح عالم الفلك الألمانى فريدريك ولهلم بيسل (١٧٨٤ ـ ١٨٤٦) فى قياس بارالاكس بالغ الصغر لنجم يسمى ٦١ دجاجى (نسبة لبرج الدجاجة) وقد اتضح فيما بعد أنه زوج من النجوم يدوران حول بعضهما ٠

وليس للنجمين بريق ملفت حتى وان شوهدا معا ولكن حركتهما كوحدة واحدة تتسم بدرجة عالية من التميز ولذلك وقع اختيار بيسل على ذلك النجم المزدوج لدراسته ٠ وتبين انه يبعد عن الأرض بمسافة ١٠٦ تريليون كيلومتر (٦٤ تريليون ميل) ٠ ولما كانت «السنة الضوئية» هى المسافة التى يقطعها الضوء على مدى سنة وتبلغ ٩ر٤٦ تريليون كيلومتر (٨٨ر٥ تريليون ميل) ، فان النجم ٦١ دجاجى يقع على بعد ٢ر١١ سنة ضوئية من الأرض ٠

وبينما كان بيسل ينجز ذلك العمل الرائع تمكن عالم الفلك الاسكتلندى توماس هندرسون (١٧٩٨ ـ ١٨٤٤) من قياس مسافة النجم « رجل الجبار » ووجد انه يبعد ٣ر٤ سنة ضوئية من الأرض ٠ ويعد « رجل الجبار » أقرب نجم معروف حتى الآن للأرض وهو مكون من نجمين يدوران حول بعضهما مع نجم ثالث يبعد عنهما مسافة كبيرة ٠

ومن وحدات المسافة التى يتزايد استخدام علماء الفلك لها وحدة الفرسخ النجمى وهى تساوى ٢٦ر٣ سنة ضوئية أو ٣١ تريليون كيلومتر (٢ر١٩ تريليون ميل) ٠ وبذلك يكون النجم « رجل الجبار » على بعد نحو ٣ر١ فرسخا نجميا من الأرض بينما النجم ٦١ دجاجى على بعد ٤ر٣ فرسخا نجميا ٠

ويمكن القول اذن ان الصورة التى تخيلها نيكولاس أوف كوزا قبل أربعة قرون عن النجوم اتضح انها قريبة تماما من الواقع ٠ فعددها هائل ان لم يكن لا نهائيا ، وهى شموس متناثرة فى مساحات شاسعة من الفضاء ، وتقع كلها على مسافات ضخمة من الأرض ٠

لقد تبدل أخيرا وبلا رجعة فهم الانسان للسماوات ولم يبق شيء تقريبا من علم الفلك القديم ٠

النجوم المتجددة الحديثة

في عـــام ١٨٣٨ عكف عالم الفلك الانجليزي جـــون هيرشــــل (١٧٩٢ ـ ١٨٧١) في جنوب أفريقيا على دراسة النجوم بالقرب من القطب السماوي الجنوبي وهي نجوم يستحيل رؤيتها من خطوط العرض الاوروبية ٠ ورصد هيرشل في برج الجؤجؤ نجما ساطعا من الدرجة الأولى يطلق عليه « ايتا جؤجؤ » ٠ وكان علماء الفلك السابقون الذين انتقلوا الى النصف الجنوبي من الكرة الأرضية لاجراء دراسات فلكية قد رصدوا نفس النجم ولكنهم رأوه باهتا ذا بريق من الدرجة الرابعة ٠

هل هو نجم مستجد ؟ لقد خبا بريقه تدريجيا بمرور الســنوات ولكنه عاد الى التوهج في عام ١٤٨٣ حتى بلغ بريقه درجة (ـ ١) وأصبح تقريبا على نفس مستوى ضوء الشعرى اليمانية ذاته ٠ الا أن ذلك لم يدم طويلا وخبا النجم تدريجيا الى أن بلغ الدرجة السادسة٠اذن لم ولن يكون ذلك نجما مستجدا ولكنه نجم متغير غير منتظم من نوع عادي سوف نتناوله مرة أخرى في وقت لاحق ٠

وكان أول نجم مستجد حقيقي يرصد بعد اختراع التلسكوب هو ذلك الذي اكتشفه عالم الفلك الانجليزي جون راسل هايند (١٨٢٣ ـ ١٨٩٥) سنة ١٨٤٨ في برج الحوية ٠ وذلك هو نفس البرج الذي رصد فيه كبلر نجمه المستجد فيما مضى٠ ولما كان موقع النجم الجديد مختلفا اختلافا بينا عن موقع نجم كبلر ـ فلا يمكن القول بأنه نفس النجم وقد توهج من جديد ٠ علاوة على ذلك فان المستجد الجديد (وهو الأول منذ نجم كبلر) لم يكن ملفتا للانتباه ، اذ أن درجة بريقه حتى في أوجها لم تبلغ الدرجة الرابعة ٠

وقد شهدت السنوات التالية وحتى نهاية القرن التاسع عشر رصد ثلاثة أو أربعة نجوم مستجدة أخرى غير أنها لم تكن مثيرة للانتباه ٠ وقد رصد أحد هذه النجوم سنة ١٨٩١ في برج « العناز » (ولذا ســمى « المســتجد العنازي ») واكتشـــفه قس اسكتلندي يدعى ت ٠ د ٠ اندرسون ٠

كان ذلك القس يهوى الفلك وقد توصل الى واحد من أهم الاكتشافات الفلكية التي حققها الهواة ٠ فقد اكتشف «المستجد العنازي» رغم ضعف

بريقه اذ كان من المستوى الخامس • ولرصد نجم بهذه الدرجة الضعيفة من اللمعان لابد وأن أندرسون قد حفظ الموقع الدقيق لكل النجوم المرئية في السماء تقريبا •

ومع بزوغ فجر القرن العشرين ، كان قد مر نحو ثلاثمائة عام دون اكتشاف نجم مستجد ذى بريق من الدرجة الأولى باستثناء حالة « ايتا جؤجؤ » المثيرة للبس •

ولكن في ليلة الحادي والعشرين من فبراير سنة ١٩٠١ وبينما كان اندرسون عائدا الى منزله اكتشف نجمه المستجد الثانى ، وكان في برج فرساوس ومن ثم أطلق عليه اسم « المستجد الفرساوسى » • وعلى الفور أبلغ أندرسون مرصد جرينتش باكتشافه وسرعان ما حول خبراء النجوم تلسكوباتهم صوبه • وكان اندرسون قد اكتشف النجم فى وقت مبكر ومن العجيب أنه ظل ساطعا حتى بعدما أبلغ المرصد • وبعد يومين بلغ بريق « المستجد الفرساوسى » ذروته وقدر بدرجة ٢ر٠ وأصبح بنفس درجة لمعان النجم المعروف باسم « النسر الواقع » •

وكان علماء الفلك قد دخلوا فى ذلك الوقت في عصر التصوير وهو ما وفر لهم ميزة عملية ضخمة قياسا بأقرانهم السالفين • فهل كان قد تم ، قبل ظهور « المستجد الفرساوسى » ، تصوير ذلك الجزء من السماء الذى سطع فيه ؟

نعم ، فقد كان مرصد هارفارد قد صور نفس المنطقة من السماء قبل يومين فقط من رصد اندرسون اكتشافه الجديد • وبفحص الموقع الذى سطع فيه « المستجد الفرساوسى » عثر فى الصور على نجم باهت للغاية من الدرجة الثالثة عشرة من البريق أى١/ ٦٣٠ من أدنى درجة يمكن لشخص حاد البصر أن يراها بالعين المجردة •

وعلى مدى أربعة أيام زاد بريق النجم الجديد الى ١٦٠ ألف مثل وارتقى ١٣ درجة فى المستوى غير انه سرعان ما بدأ يخبو ولكن بشكل غير منتظم ليغيب مرة أخرى عن العين المجردة بعد مرور بضعة أشهر ، أى ليعود الى الدرجة الثالثة عشرة من الضوء •

وبعد نحو سبعة أشهر من توهج « المستجد الفرساوسى » بدأت تظهر فائدة جديدة للتصوير • فقد كان النجم يبين للعين ، مجردة كانت أو بالتلسكوب ، مجرد نجم • اما اذا وضع في بؤرة التلسكوب فيلم بدلا من العين المجردة وكانت هناك مدة تعريض كافية ، يتراكم كم كاف من الضوء ينم عن وجود هالة باهتة حول « المستجد الفرساوسى » • ومع الوقت أخذ

حجم هذه الهالة يتزايد تدريجيا • ويعزى ذلك الى أن الضوء الذى انبعث من النجم أثناء مرحلة توهجه كان ينتشر فى جميع الاتجاهات بسرعة الضوء وينير الغبار الدقيق والغازات المحيطة بالنجم • وفى عام ١٩١٦ ، أى بعد مضى خمسة عشر عاما لاحظ العلماء وجود حلقة باهتة كثيفة من الغاز حول النجم • ويبدو أن ذلك الغاز كان قد انبعث أيضا وقت توهج النجم ثم أخذ فى الانتشار فى كافة الاتجاهات ولكن بسرعات تقل كثيرا عن سرعة الضـــوء •

وقد بدا واضحا أن النجم تعرض لانفجار رهيب أدى الى انبعاث الغازات وأحدث وميضا هائلا • وهذا هو كل ما أمكن استنتاجه فى ذلك الحين ، اذ لم يكن العلماء يعرفون شيئا بعد عما يحدث داخل النجوم أو عن التفاعلات التى يمكن أن تسبب انفجارات نجمية • ولم يحل ذلك دون تسمية تلك الظاهرة ــ وعلى ذلك أصبح « المستجد الفرساوسى» نموذجا لنجم « متغير بركانى » أو نجم « متغير انفجارى » • وربما كانت كل النجوم المستجدة نجوما « متغيرة بركانية » ومن ثم كان من الانسب أن يستعاض بهذا اللفظ المعبر الدقيق عن اسم « المستجد » • الا أن محاولة تغيير الاسم لم تكن مجدية وظل اسم nova عالقا بالأذهان منذ أن ابتكره تيكو وكل الدلائل تشير الى أنه سيبقى •

وفى الثامن من يونيو ١٩١٨ رصد عدد من المراقبين فى أماكن متفرقة نجما مستجدا آخر فى برج العقاب وكان يفوق « المستجد الفرساوسى » فى بريقه ، فقد كان ضوؤه من الدرجة الأولى ثم زاد ليبلغ ذروته بعد يومين ووصلت درجة لمعانه الى (ــ ١ر١) أى كان بنفس درجة بريق الشعرى اليمانية على وجه التقريب •

وقد ظهر « المستجد العقابى » أثناء الحرب العالمية الأولى ، ولو كان ذلك قد حدث قبل قرون لاعتبره البعض بشيرا ، ولقد اعتبره البعض كذلك فعلا حتى فى القرن العشرين • فقد كانت الحرب تقترب من نهايتها • وفى ربيع ١٩١٨ شن الألمان هجوما ضخما على فرنسا كآخر ورقة يقامرون بها من أجل النصر • وقد حشدت ألمانيا فى ذلك الهجوم كل ما تبقى لها من احتياطى وبالفعل أحرزت بعض انتصارات مخيفة ، غير انها لم تكن حاسمة• ومع مطلع يونيو كان الألمان قد بدءوا فى الانهيار ، وبدأ وصول أعداد متزايدة من القوات الأمريكية على وجه السرعة لتعزز الفرنسيين والانجليز • وأشرف الألمان على نهايتهم • وبالفعل لم تكد تمر خمسة أشهر أخرى حتى استسلموا • وقد وصف جنود الحلفاء على الجبهة « المستجد العقابى » بأنه « نجم النصر » •

وفي هذه الحالة أيضا اظهرت صور مرصد هارفارد النجم قبل توهجه وبدا فيها باهتا يتراوح مستواه بين الدرجة العاشرة والحادية عشرة • وقد تضاعف بريقه على مدى خمسة أيام بمقدار خمسين ألف مثل ولكنه خبا بسرعة على نحو لابد وأن كان متوقعا • وفي سبتمبر أصبح يرى بالكاد بالعين المجردة • وبعد ثمانية شهور ما كان يرى الا بالتلسكوب •

وكان المستجد العقابي أسطع نجم مستجد يظهر في السماء منذ عام ١٦٠٤ ولم يظهر شيء بمثل هذه الدرجة من البريق حتى الآن • الا أن البريق ليس السبيل الوحيد للتميز •

ولقد كان هناك شعور متزايد بأن النجوم المستجدة انما بعثت من نجوم باهتة مغمورة تماما • ولو أن أحدا قد رأى نجما قبل أن يتحول فيما بعد الى « مستجد » لما لاحظ عليه ما يسترعي الانتباه • ومن ناحية أخرى فبوسع المرء أن يمضي بدراسته الى أبعد من مجرد مراقبة النجوم •

كان علماء الفلك ، مع نهاية القرن التاسع عشر ، قد ابتكروا المطياف وهو منظار يحلل الضوء الى أطياف بحسب طول موجاتها ، ويحوله الى قوس قزح بألوانه الأحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق والبنفسجي (بترتيب تنازلي لطول الموجة) • وبدراسة توزيع الضوء وأطيافه ومعرفة الألوان الناقصة عند التحليل والتي تتمثل في « خطوط معتمة » تتقاطع مع النطاق الطيفي وبفحص وضع تلك الخطوط المعتمة أمكن لعلماء الفلك استنتاج ما اذا كان نجم يتحرك صوب الأرض أو يبتعد عنها ، وما اذا كان متوهجا أو باردا ، وماهيـــة تركيبه الكيميـائي وما الى غير ذلك من الخصائص •

ماذا اذن عن أطياف نجم مقبل على مرحلة تجدد تألقه بعد حين ؟

مما يبعث على الأسف أن عملية الحصول على طيف نجم باهت كانت مسألة شديدة الصعوبة وكم هناك من اعداد هائلة من مثل تلك النجوم • ومن ثم فان محاولة التوصل الى أطياف كل النجوم في السماء لهي مسألة بالغة الضخامة حتى باستخدام العقول الالكترونية ، وبالطبع فان عمليات القياس الطيفي التي جرت حتى الآن لم تشمل سوى قلة قليلة من النجوم • واذ اهتم علماء الفلك « بالمستجد العقابي » فقد أجرى لنجمه الأصلي قياس طيفي والنتيجة مسجلة • ولعـله حتى يومنا هذا الوحيد من بين كافة النجوم المستجدة المسجل طيف نجمه الأصلي قبل أن يتوهج •

غير أن ذلك الطيف لم يظهر شيئا غير عادي عن « المستجد العقابي » في مرحلة ما قبـل الانفجار باستثناء أنه بدا نجما متوهجا تبلغ درجة

حرارة سطحه اثنى عشر ألف درجة مئوية أى ضعف درجة حرارة شمسنا البالغة ستة آلاف درجة · ويتفق ذلك مع المنطق ، اذ حتى بدون معرفة تفاصيل ما يحدث داخل النجوم أو كيف تتم عملية الانفجار فى اطار التحول الى نجم مستجد ، فلابد وأن يتوقع علماء الفلك أن النجوم المتوهجة أكثر تعرضا للانفجار من النجوم الباردة ·

وفى ديسمبر ١٩٣٤ ظهر مستجد آخر فى برج الجاثى عرف باسم «المستجد الجاثى» · وبداية كان ذلك المستجد «نجما متغيرا» محدود التغير حيث كان بريقه يتراوح بين الدرجتين الثانية عشرة والخامسة عشرة · وقد أظهرت الصور الملتقطة له ، لدى فحصها فيما بعد ، أن النجم كان حتى الثانى عشر من ديسمبر أضعف من أن يرى بالعين المجردة حتى وهو ساطع · الا أن بريقه ازداد فى الليلة التالية وتحول الى الدرجة الثالثة ورآه فلكى انجليزى هاو ·

وكان معدل توهجه بطيئا بالنسبة لنجم مستجد ولكنه فى الثانى والعشرين من نفس الشهر بلغ ذروته ووصـل الى درجة ٤ر١ · ثم بدأ يخبو بشكل غير منتظم ، يتوارى قليلا ثم لا يلبث أن يظهر واستمر ذلك الى أن أصـبح فى أول ابريل لا يرى بالعين المجردة الا بالكاد وسرعان ما غاب تماما فى أول مايو وعاد الى الدرجة الثالثة عشرة أى نفس درجة بريقه تقريبا قبيل تحوله ·

واعتقد علماء الفلك أن « المستجد الجاثى » قد انتهى أمره ، وما أن هموا باجراء دراسات فلكية أخرى حتى عاد ذلك النجم الى التوهج مرة أخرى · وفى الثانى من يونيو بلغ الدرجة التاسعة · واستمر فى التوهج وان كان بمعدل بطىء حتى بلغ درجة ٧ر٦ فى سبتمبر وأصبح على درجة من البريق تتيح رؤيته بالعين المجردة · ثم عاد ليخبو ولكن ببطء شديد واستمر كذلك الى أن رجع فى عام ١٩٤٩ ، أى بعد ١٥ سنة من ظهوره أول مرة ، الى الدرجة الثالثة عشرة للمرة الثانية ·

يتضح اذن وبشكل متزايد انه لا يجب الاعتقاد بأن النجم المستجد يتوهج مرة واحدة فحسب ، حيث يفيد واقع الحال بوجود « نجوم متعددة التالق » · ففى عام ١٨٦٦ تاجج نجم متجدد التالق فى برج الاكليل الشمالى وبلغ الدرجة الثانية ، ثم كرر نفس الشىء تماما فى عام ١٩٤٦ · وثمة نجوم متجددة كررت تالقها ثلاث أو حتى أربع مرات · ومن المرجح أن يكون النجم « ايتا جؤجؤ » نجما متجدد التالق اكثر من كونه مجرد مستجد ، وسوف نتعرض لتلك المسالة مرة أخرى لاحقا ·

أما أحدث نجم متجدد ساطع فقد ظهر في برج الدجاجة في التاسع والعشرين من اغسطس ١٩٧٥ · وقد توهج ذلك النجم بطريقة فجائية غير معتادة وبلغ الدرجة الثانية بعد أن كان يناهز الدرجة التاسعة عشرة ، اى تضاعف بريقه ثلاثين مليون مرة في يوم واحد · غير انه سرعان ما خبا وغاب عن النظر خلال ثلاثة أسابيع · وعلى ذلك يبدو أنه كلما زادت سرعة التوهج زادت سرعة ودرجة الافول غير أن معدل الافول عادة ما يكون فيما يبدو أقل من معدل التوهج ·

ما هو مقدار شدة الاضاءة ؟ والى أى مدى يمكن التعميم ؟

ما مقدار الضوء الذى تشعه بالفعل النجوم المستجدة ؟ اننا نتحدث عن بريق النجوم المستجدة ونقول انه يقترب من هذا المستوى أو ذاك ، وانه يماثل بريق الشعرى اليمانية أو يفوق بريق الزهرة ، لكن ذلك لا يوضح كل شيء · فلو أن نجما متجددا بدا أكثر بريقا من آخر ، فان ذلك يعزى اما لأنه بالفعل أكثر بريقا (أى أشد اضاءة) أو لأنه اقرب الى الأرض ومن ثم يظهر على درجة من البريق تفوق حقيقته نسبيا ·

ولقد أصبح بالامكان اليوم ، بطريقة أو بأخرى ، تقدير مسافة النجوم · واذا كان بريق نجم عند مسافته الفعلية معلوما ، فليس من العسير حساب شدة بريقه لو كان على بعد آخر · وبصفة عامة فانه سيبدو أقل بريقا لو زاد بعده وأكثر بريقا لو قل وذلك وفقا لقاعدة سهلة تقول ان شدة الاضاءة تتناسب عكسيا مع مربع المسافة ·

وعلى ذلك فان شمسنا تعد بفارق كبير أسطع النجوم في السماء حيث تبلغ درجة بريقها (ـ ٢٦ر٩١) يليها الشعرى اليمانية ودرجة بريقه (ـ ١ر٤٢) · وبذلك تفوق الشمس فى بريقها الشعرى اليمانية بفارق ٢٥ر٤٩ درجة ولما كانت كل درجة تمثل ٢ر٥١٢ ضعفا ، فان الشمس تسطع في سمائنا بدرجة بريق تعادل ١٥ بليون ضعف بريق الشعرى اليمانية ·

غير أن الشمس تعد من ناحية أخرى أقرب نجم الى الأرض بلا مقارنة · فهى تبعد عن الأرض بمسافة ١٥٠ مليون كيلومتر (٩٣ مليون ميل) فقط أى خمسة أجزاء من مليون فرسخ نجمى · أما الشعرى اليمانية فهو يبعد عن الأرض بمقدار ٢ر٦٥ فرسخ نجمى أى بنسبة ٥٣٠ الف ضعف مسافة الشمس ·

ولعلنا نفترض الآن أننا نرصد الشمس والشعرى اليمانية من نفس المسافة (المسافة المعيارية التى يستخدمها علمـــاء الفلك لهـذا الغرض هى عشرة فراسخ نجمية) .

لو تصورنا الشمس على بعـد عشرة فراسخ نجمية أى ما يعادل مليونى مثل مسافتها الفعلية فان شدة اضاءتها ستضعف ، وفقا لقانون المربـع العكسى ، بمقـدار مليونين × مليونين أى أربعـــة تريليون (مليون مليون) مرة . ولو أننـــا عدلنا بنـاء على ذلك مستوى بريق الشمس بقسمة شدة الاضاءة على ٢٫٥١٢ لكل درجة لوجدنا أن انخفاض شدة الاضاءة بنسبة ٤ تريليون مرة سينقل الشمس الى الدرجة (٤٫٦٩). وذلك يعنى أنه لو كانت الشمس على مسافة عشرة فراسخ نجمية لكانت درجـة بريقهـا ٤٫٦٩ ، وهذه هى « القيمة المطلقة لمستواها الضوئى » ، أى لكانت نجما من الدرجة الخامســة ، أى عضوا متواضعا فى المجتمع الفلكى .

أما نجم الشعرى اليمانية ، الذى يبعد ٢٫٦٥ فرســـخ نجمى عن الأرض ، فان مسافته ستتضاعف بمقدار ٣ ¾ مرة لو تصورنا أنه تحرك الى مسافة عشرة فراسخ نجمية . وبالطبع سيقل بريقه ولكن ليس بقدر كبير ، اذ ستكون « القيمة المطلقة لمستواه الضوئى » ١٫٣ ، وبالتالى سيظل وهو على بعد عشرة فراسخ نجمية نجما من الدرجة الأولى ولكنه لن يكون ضمن أسطع النجوم فى السماء .

ولعلنا نميز الآن بين اصطلاحين هما « البريق » و « شدة الاضاءة ». عندما نتحدث عن البريق فاننا نعنى مستوى لمعان النجـم فى موقعـــه الفعلى فى السماء . أما لو أردنا مقارنة بريق نجمين مع افتراض انهما على نفس البعـد من الأرض ـ أو بمعنى آخـــر مقارنة مستوى اللمعان المطلق لكل منهما ـ فاننا سنستخدم لفظ « شدة الاضاءة » .

والمقـارنة بين بريق جسمين ترتهن فى جـانب منها ببعد كل منهما عن العين ، فعود ثقاب مشتعل وهو فى اليـــد يبـــدو أكثر بريقا من الشعرى اليمانية . لذا فان المقارنة بين شدة اضاءة الجسمين هى المحك الحقيقى اذ انهـا تبين أى الجسمين أكثر اشـــعاعا للضـــوء ومقدار الفارق بينهما .

وعلى ذلك فان الشعرى اليمانية يفوق الشمس فى بريقه بمقـدار ٣٫٤ درجة على فرض أنهما على نفس البعد من الأرض وذلك يعنى أن شدة اضاءته تعادل ٢٣ مثل شدة اضاءة الشمس .

والآن ، أين تقع النجوم المتجددة من هذا القياس ؟ رغم انه ليس من السهل دائما تقدير مسافة النجوم المتجددة من الأرض اذ عادة ما تكون على بعد سحيق ، الا أن ما أمكن التوصل اليه من معلومات عن بعض منها يفيد بأن المستوى المطلق لبريق تلك النجوم قبل تجددها يناهز الدرجة الثالثة في المتوسط ، أي أن شدة اضاءتها تساوي نحو خمسة أمثال شدة اضاءة الشمس • أما وهي في أوج بريقها فانها تصل الى ١٥٠ ألف مثل شدة اضاءة الشمس ، حيث يقدر مستواها المطلق بنحو (ـ ٨) درجة في المتوسط •

وبعض علماء الفلك يقسمون النجوم المتجددة الى نوعين : سريعة وبطيئة •

النجوم المتجددة السريعة (أو المستعرة) تتضاعف شدة اضاءتها مائة ألف مرة أو يزيد في بضعة أيام فحسب ، وتبقى في ذروة بريقها لمدة تقل عن الاسبوع ثم تخبو بمعدل متوسط منتظم •

اما المتجددات البطيئة فانها تتوهج بمعدلات أبطأ ووفقا لانماط غير منتظمة علاوة على أن مقدار التضاعف يكون أقل ، ثم تخبو بمعدلات وأنماط تقل حتى عن تلك الخاصة بالمستعرة •

ويعد المتجددان الفرساوي والدجاجي من أمثلة النجوم المستعرة بينما المتجددان العنازي والجاثي من المتجددات البطيئة • أما تلك التي تعاود التالف كل عشرات السنين فانها تميل في معدل توهجها الى أن تكون ابطأ من المتجددات العادية بل والبطيئة منها •

ولعلنا نتساءل ما هي النجوم المتجددة المعروفة ؟

كان من الصعب قبل عام ١٩٠٠ رؤية النجوم المتجددة ، اما الآن فهي ترى بمعدل أكبر • ولا يعزى ذلك الى أن عددها قد زاد ولكن لأن مزيدا من علماء الفلك باتوا يراقبون السماء ، فضلا عن استعانتهم بتقنيات أفضل لرصد النجوم • ورغم ذلك فان ما نراه من متجددات هو أقصى ما يمكن أن نرصده •

ولفهم السبب ، فلنبدأ بالسؤال عن عدد النجوم • بالعين المجردة يمكن أن نرى حوالى ستة آلاف نجم أما بالتلسكوب فيصل هذا العدد الى بضعة ملايين •

ولكن هل هنالك عدد لانهائي من النجوم على نحو ما ذهب اليه اعتقادا نيقولا أوف كوزا ؟

ان طبيعة مجرتنا ، المعروفة باسم درب اللبانة ، تبعث على استبعاد فكرة وجود عدد لانهـائى من النجـوم • فهى عبارة عن حزام هائل من الضوء النجمى يحيط بسمائنا ، ويظهر من خلال التلسكوب انه تجمع لعدد فائق من النجوم بالغة الضعف • ويقدر الوزن الاجمـالى للمجرة بمائة مليون مثل وزن الشمس • ومعظـم النجـوم فى المجـرة تقل كثيرا فى حجمها ووزنها عن الشمس ، ومن ثم يمكن تقدير عدد النجوم بنحو ٢٥٠ بليون نجم •

ويقدر علماء الفلك عدد النجوم التى تجدد تألقها فى مجرتنا بنحو خمسة وعشرين سنويا فى المتوسط • وبمقارنة ذلك العدد باجمالى عدد النجوم فى المجرة يتضح لنا أن واحدا فقط من كل عشرة بلايين يتجـدد توهجه فى السنة •

ولا يعنى احتمال ظهور خمسة وعشرين نجما متجددا سـنويا فى المجرة اننا سنراها كلهـا مهما بلغنـا من مثابرة • فضلا عن أن سحب الغبار التى تحجب مركز المجرة عنا تجعل من المستحيل رصد نجم يتجدد تألقه بالقرب من ذلك المركز (حيث تتكدس معظم النجـوم) أو فى أى مكان فى النصف البعيد من المجرة •

ولهذا السبب فانه لايتاح فى أفضل الأحوال أن نرصد سنويا سوى اثنين أو ثلاثة من النجوم متجددة التألق ، بالاعتماد على ما تشعه من ضوء •

النجوم الكبيرة والصغيرة

الطاقة الشمسية

لو قدرنا أن نجما متجددا تضاعفت شدة اضاءته مائة ألف مرة في بضعة أيام ، فلابد أن ندرك أنه أطلق طاقة بمعدل هائل في الفضاء . وعلى سبيل المثال ، يقدر ما يولده متجدد متوسط الحجم من طاقة يومية وهو في ذروته بما يعادل ما تولده الشمس في ستة أشهر .

من أين تأتي تلك الطاقة ؟

لعلنا قبل الرد على هذا السؤال ، نسأل أولا من أين تستمد الشمس نفسها طاقتها ؟ . لقد استمرت الشمس تسطع على مدى ٦ر٤ بليون سنة بنفس معدلها الحالي تقريبا ، وبالتالي أطلقت كما اجماليا من الطاقة يفوق التقدير ، ولاتزال تسطع وستظل على نفس الحال ، لخمسة أو ستة بلايين سنة أخرى . فمن أين يأتي هذا الكم من الطاقة ؟

لم يرد هذا السؤال على بال أحد حتى منتصف القرن التاسع عشر ، اذ كان الناس في العصور القديمة والوسطى يعتقدون ببساطة أن الشمس مصنوعة من مادة سماوية تتسم بخاصية البريق ، ومن ثم لا مجال لأن يتوقف بريقها لأنه قانون الطبيعة ، وهل ثمة مجال لأن يتوقف ناموس الحياة على الأرض المتمثل في تدهور الأشياء مع الزمن . ولم يكن معروفا أن الشمس بهذه الدرجة من القدم بل كان يعتقد أنها تسطع منذ بضعة آلاف سنة فقط .

ومع مرور سنوات القرن التاسع عشر بدأ ذلك الأمر يستوقف العلماء . ولم يكن لديهم اعتقاد بأن الأجرام السماوية تختلف عن الأرض اختلافا جوهريا في تركيبها الكيميائي . وكانوا قد بدءوا يدركون أن عمر الشمس يقدر بملايين السنين وليس بالآلاف ، وأخذوا بهمة متزايدة يدرسون خصائص الطاقة .

وفى عام ١٨٤٧ وضع عالم الفيزياء الألمانى هيرمان فون هيلمهولتز (١٨٢١ ــ ١٨٩٤) « قانون بقاء الطاقة » وذلك بعد أن أجرى دراسات دقيقة على مراحل مختلفة لعمليـــات تتضمن تغيرات فى الطاقة • ويفيد القانون بأن الطاقة لايمكن أن تنشأ من عدم أو أن تفنى وانما يمـكن أن تتغير من هيئة الى أخرى • وقد توصل عدد آخـــر من العلماء الى نفس النظرية تقريبا فى الأربعينات من القرن التاســع عشر الا أن هيلمهولتز كان أكثر اقناعا بما توصل اليه من براهين ومن ثم عادة ما كان يكتسب مصداقية لقانونه •

يضـــاف الى ذلك أن هيلمهولتز كان أول من كرس كل اهتمامه لمسألة الطاقة الشمسية • واستنادا الى هذا القانون فلا مجال لأن تستمد الشمس طاقتهـا من مكان آخـــر أو أن تولدها من عـدم • من أين اذن تأتى الطاقة ؟

فكر هيلمهولتز فى عدة مصادر للطاقة معروفة جيدا ، وأخذ يبحث هل تتحصل الشمس على طاقتها عن طريق الاحتراق الكيميائى العادى ؟ أو تستمدها من سقوط أجسام فضائية عليها باستمرار ؟ لقد أوضحت نتائج تجاربه الأولى أن الشمس ستولد قدرا غير كاف من الطاقة فى حالة الاحتراق الكيميائى ، أما لو سقطت عليها أجسام فضائية فستتعرض لتغير فى كتلتها ما كان يصعب رصد نتائجه ، ولكن ذلك لايحدث •

وفى نهاية المطاف حسم هيلمهولتز فى سنة ١٨٥٤ تلك المسألة حيث خلص الى أن المصدر الوحيد المعروف للطاقة التى يمكن أن تستمدها الشمس دون أن ينطوى ذلك على خروج عن قانون بقاء الطاقة هو الطاقة الناجمة عن انكماش الشمس ذاتهـا ، أو بمعنى آخر الطاقة الناجمة عن سقوط كتل من نفس جسم الشمس ببطء الى داخلها • تلك الطـــاقة تتحول الى اشعاعات تغذى الشمس لبضعة آلاف من السنين •

ولم يكن ذلك التبرير فى مجمله مقنعـــا ، فلو أن الشمس ظلت تنكمش لعشرات الملايين من السنين لكان حجمها فى البداية من الضخامة بحيث تلامس مدار الأرض • وما كان للأرض أن تتكون أصلا لو لم تكن الشمس أقل كثيرا من ذلك الحجم المفترض ، ولو صح ذلك ما تجـاوز عمر الأرض بضع مئات الملايين من السنين •

وقرب نهاية القرن التاسع عشر كان الجيولوجيون والبيولوجيون يحدوهم شعور قوى بأن الأرض ، ومن ثم الشمس ، أقدم كثيرا من بضع عشرات الملايين من السنين • وقدروا عمر الأرض بما لا يقل عن مئات الملايين من السنين بل قد يكون بليون سنة أو يزيد • والشمس لن تقل عمرا عن ذلك •• ومن ثم ما كان لانكماشها أن يفى بالقدر المطلوب من الطاقة خلال هذه المدة • ماذا اذن ؟؟

وبنهاية ذلك القرن شهدت البشرية على غير توقع ارهاصات مولد مصدر جديد للطاقة ، ففي عام ١٨٩٦ اكتشف عالم الفيزياء الفرنسى أنطوان هنرى بيكريل (١٨٥٢ ـ ١٩٠٨) « النشاط الاشعاعى » • فقد اكتشف أن ذرات معـدن اليورانيوم تتفتت ببطء شـديد ولكن بانتظام الى ذرات أخرى أصغر حجما •

وفى عام ١٩٠١ أثبت عالم فيزياء فرنسى آخر يدعى بيير كورى (١٨٥٩ ـ ١٩٠٦) أن النشاط الاشعاعى مصحوب بتوليد كميات ضئيلة من الحرارة ـ ضئيلة جدا • ولكن ، بما أن النشاط الاشعاعى يمكن أن يستمر بلايين السنين ، وبحساب ما تحتويه الأرض ككل من مواد مشعة ، نجد أن الكم الاجمالى من الحرارة المتولدة كم هائل • لقد بات واضحا أن مصدرا للطاقة جديدا وضخما قد اكتشف •

وبـدأ سـبر أغـوار الذرة • فى عام ١٩٠٦ اكتشف الفيزيائى النيوزيلندى المولد أرنست روثرفورد (١٨٧١ ـ ١٩٣٧) أن الذرة ليست مجرد كرة بالغة الصغر ، على نحو ما كان معروفا ، ولكنهـا مكونة من « جسيمات » أقل حجما وأكثر دقة ، تتمثل أساسا (كما نعلم اليوم) فى البروتونات والنترونات والالكترونات وتقع البروتونات والنترونات ، وهى الأثقل نسبيا ، فى نواة بالغة الدقة بمركز الذرة • أما الالكترونات وهى خفيفة الوزن نسبيا فتدور حول الذرة • والنواة هى التى تتعرض للتغيير وتولد طاقة أثناء عملية النشاط الاشعاعى • وهكذا بدأ الناس يتكلمون عن « الطاقة الذرية » •

حسن ، ولنسأل الآن •• هل الشمس تسطع بسبب الطاقة الذرية ؟

لقد كان المصدر الوحيد المعروف للطاقة الذرية فى الحقبة الأولى من القرن العشرين هو الانشطار الاشعاعى لذرات مواد مثـل اليورانيـوم والثوريوم•فهل الشمس عبارة عن كرة ضخمة من اليورانيوم والثوريوم ؟

والاجابة لا ، لايمكن أن تكون كذلك • فقد كان التركيب الكيميائى للشمس معروفا فى بداية القرن العشرين ، والفضـل فى ذلك يرجع الى المطياف على نحو ما أشرنا سالفا • ويدفعنا ذلك الى الحديث مرة ثانية عن التحليل الطيفى •

عندما يمر ضوء الشمس خلال منشور زجاجى فانه يتحلل الى ألوان الطيف أى الى قوس قزح ، وذلك شىء اكتشفه لأول مرة العالم الانجليزى اسحق نيوتن (١٦٤٢ ـ ١٧٢٧) سـنة ١٦٦٦ • ويعزى تحلل الضـوء الى أنه مكون من موجـات بالغة الصغر ذات أطوال متباينة ، وبمروره

خلال منشور زجاجي فان كل شعاع ينكسر بدرجة تتناسب مع « طول موجته » . وكلما كان طول الموجة أقصر ازدادت درجة الانكسار . ومن ثم فان الطيف يتكون من كل موجات الضوء بعد أن تحللت وترتبت من الأطول الى الأقصر .

وفي عام ١٨١٤ بين عالم البصريات الألماني جوزيف فراونهوفر (١٧٨٧ ـ ١٨٢٦) أن خطوطا قاتمة عديدة تتخلل الطيف الشمسى . وكما نعلم الآن فان تلك الخطوط القاتمة تعزى الى أن الغلاف الشمسى يمتص بعضا مما يمر به من أشعة الضوء ولذلك فان ضوء الشمس يصل الى الأرض دون تلك الأشعة التى تتسم بأطوال موجات معينة والخطوط القاتمة ما هى الا الفراغات الناجمة عن ذلك .

أما عالم الفيزياء الألمانى جوستاف روبرت كيرشهوف (١٨٢٤ـ١٨٨٧) فقد أثبت فى عام ١٨٥٩ أن كل نوع من أنواع الذرة يمتص (أو يصدر اذا كان ساخنا) أشعة ذات أطوال موجات مميزة ولا يمتصها نوع آخر من الذرات . اذن ، يمكن تحديد نوع الذرة عن طريق دراسة أطوال موجات الأشعة التى تمتصها أو تشعها تلك الذرة .

وفى عام ١٨٦١ شخص عالم الفيزياء السويدى اندرز يوناس انجستروم (١٨١٤ ـ ١٨٧٤) بعضا من الخطوط القاتمة فى الطيف الشمسى واكتشف انها تنتمى فى الأصل لأشعة الهيدروجين ، وهو عنصر مكون من أبسط الذرات تركيبا فى الوجود. تلك كانت أول مرة فى التاريخ يجرى فيها تشخيص واضح لجزء على الأقل من مكونات أحد الأجرام السماوية ويتضح أنه مكون من مادة موجودة على الأرض . وهكذا انهارت نظرية أرسطو القائلة بأن الأجرام السماوية مكونة من مواد فريدة .

ومنذ ذلك الحين أصبح الطيف الشمسى موضع دراسة بمزيد ومزيد من التفاصيل وتم اكتشاف أنواع أخرى من الذرات فى الشمس وكلهما أيضا موجودة على الأرض . بل لقد أمكن تحديد نسب مختلف أنواع الذرات . ومن ثم يمكن القول بمنتهى اليقين ان الشمس ليست كرة من اليورانيوم والثوريوم . بل ان هاتين المادتين لا وجود لهما الا بمقدار ضئيل للغاية ليس من شأنه أن يولد من الطاقة الا قدرا لايذكر بالمرة قياسا بالكمية التى تشعها الشمس على الدوام .

فهل ذلك يعني أن الطاقة الذرية لا يمكن أن تكون مصدرا للطاقة الشمسية ؟

والرد هو النفي القاطع • ففي عام ١٩١٥ طرح كيميائي امريكي يدعى وليم درابر هاركينز (١٨٧٣ ــ ١٩٥١) آراء نظرية تفيد بان تغيير التركيب النووى بصور مختلفة عن التركيب الاشعاعى العادى ، كفيل بتوليد طاقة • وأبرز على وجه التحديد أن تحول أربع أنوية من الهيدروجين الى نواة واحدة من الهليوم هو أحد أنواع اعادة التركيب النووى التى تؤدى الى توليد طاقة بكميات فائقة ، ووصل فى تصوره الى أن مثل هذا النوع من « الاندماج النووى الهيدروجينى » ، على نحو ما يطلق حاليا على هذه العملية ، هو مصدر الطاقة الشمسية •

ولما كان النشاط الاشعاعى الناجم عن الانشطار النووى يتم على الأرض بشكل تلقائى ، ومن المرجح أن يكون كذلك على الشمس ، فهو يصلح اذن لأن يكون مصدرا للطاقة الشمسية لو توفرت المواد المشعة بكميات كافية • أما عملية الاندماج النووى الهيدروجينى فانها لاتتم فى ظروف عادية ولكنها تتطلب درجات حرارة هائلة ، ليست متوفرة حتى على سطح الشمس الملتهب •

غير أن أدينجتون ، فى سنة ١٩٢٠ تناول المسألة من زاوية أخرى ، حيث تساءل لماذا لم تتقلص الشمس وتنقبض تحت تأثير قوة جاذبيتها الهائلة ؟ • وأعزى ذلك الى الحرارة بوصفها القوة الوحيدة التى يمكن أن تحافظ على تمدد الشمس ضد قوة الجاذبية ، وحسب درجة الحرارة التى ينبغى أن يكون عليها جوف الشمس حتى تبقى بحجمها الحالى • لابد وأن تكون فى حدود ملايين الدرجات المئوية والرقم المتفق عليه بصفة عامة هو نحو ١٥٠ مليون درجة مئوية •

وفى عام ١٩٢٩ أجرى عالم الفلك الأمريكى هنرى نوريس راسل (١٨٧٧ ــ ١٩٥٧) دراسات عن تكوين الشمس بتفاصيل لم يسبقه اليها أحد • وأثبتت تحليلاته للطيف الشمسى أن الهيدروجين يشكل زهاء ٧٥٪ من كتلة الشمس وال ٢٥٪ المتبقية من الهليوم • وهاتان المادتان تتركبان من أبسط ذرتين • أما الذرات الأخرى الأكثر تعقيدا فلا تتجاوز فى مجموعها واحدا فى المائة من مكونات الشمس •

واذا كانت الشمس فى الأساس عبارة عن كرة من الهيدروجين والهليوم فان عملية الاندماج النووى الهيدروجينى هى التفاعل النووى الوحيد الذى يمكن أن يوفر القدر اللازم من الطاقة للاشعاع الشمسى ، علاوة على أن جوف الشمس ، ان لم يكن سطحها ، يولد ما يكفى من حرارة لحدوث تلك العملية •

وفى عام ١٩٣٨ استند عالم الفيزياء الأمريكى الألمانى الأصل هانز البريشت بيتى (١٩٠٦ ـ ؟) الى الدراسات السابقة عن تكوين الشمس ودرجة حرارتها الجوفية وطرح تصورا دقيقا لآلية ما يحدث فى جوفها • ولقد أدخلت فيما بعد بعض التعديلات على هذا التصور الذى يفيد بأن الطاقة الشمسية تنجم عن اندماج أربع أنوية من الهيدروجين لتتحول الى نواة هليوم ، تماما على نحو ما قال به هاركينز قبل ربع قرن مضى •

ولا شك فى أن ما يجرى فى الشمس يجرى فى النجوم الأخرى ، وما دمنا قد توصلنا الى حل لمسألة الطاقة الشمسية ، نكون قد وضعنا أيدينا تقريبا على حل لمسألة الطاقة النجمية بصفة عامة •

ومن شأن عملية « الاندماج النووى الهيدروجينى » أن تواصل ـ دون اختلال التوازن البيئى ـ توليد قدر ثابت من الطاقة (أو متغير بمعدل بطىء للغاية) وذلك لفترات من الزمن تختلف باختلاف كتلة النجوم • فكلما زادت كتلة النجم ، احتوى على كم أكبر من الهيدروجين ، ولكن أيضا كلما زادت قوة جاذبيته احتاج لمزيد من الحرارة لابقائه متمددا مقاوما للانقباض • كذلك كلما زادت الكتلة فاقت الحاجة معدل التغذية • ويعنى هذا أن المخزون الكبير من الوقود ، الذى يميز النجوم الثقيلة ، يستهلك بمعدل أسرع من المخزون المحدود لدى النجوم الأخف وزنا •• اذن ، فكلما زادت كتلة النجم ، قل عمره كآلة للاندماج النووى الهيدروجينى •

ويبلغ من سرعة استهلاك الهيدروجين فى نجم ثقيل انها لا تتيح بقاءه كنجم عادى الا لبضعة ملايين من السنين • أما اذا قل حجم النجم كثيرا فان معدل استهلاكه لما يحتويه من كم أقل نسبيا من الهيدروجين ليتيح استمرار نشاطه لحوالى مائتى بليون سنة •

وفيما يتعلق بالشمس التى تحتل مركزا وسطا فى هذا الخضم فان مخزونها من الهيدروجين يكفى لاستمرار نشاطها لما بين عشرة الى اثنى عشر بليون سنة • وبما انها موجودة منذ ٤٫٦ بليون سنة فمازالت على بعد كبير من منتصف عمرها الافتراضى كنجم عادى •

وتوصف النجوم فى هذه المرحلة من عمرها بأنها فى « طورها الرئيسى » • وتعتبر الشمس فى « طورها الرئيسى » مثلها مثل نحو ٨٥٪ من النجوم التى نراها فى السماء •

التقزمات البيضـــاء

من العجيب أن الكيفية التى اكتشف بها أن النجوم ليست كلها فى طورها الرئيسى ، بدأت وانتهت بطريقة تبدو لا تمت للأمر بشيء ولكنها تلقى الضوء على طبيعة النجوم متجددة التالق · ماذا حدث ؟

لقد كان يفترض دائما أن النجوم عبـــارة عن أجســـام مفردة · ولا يتنافى ذلك مع وجود تجمعات نجمية متقاربة فى بعض المواقع فى السماء ، فوجود بعض الأشـــخاص أو الأشـــجار فى تجمعات متقاربة قد لا يحجب هيئتهم كاجسام مفردة مستقلة ·

ولقد اكتشف بعد اختراع التلسكوب أن النجوم تشكل فى بعض الأحيان تجمعات على درجة من التقارب تفوق ما كان يتخيله العلماء فى أوقات سابقة · بل ان من النجوم ما كان يشـــكل فى الحقيقة ثنائيا على درجة من التقارب بحيث يراهما الناظر بالعين المجردة كنجـــم واحد · وعلى سبيل المثال ، فلقـــد أشرنا آنفـــا الى أن النجمين « ٦١ دجاجى » و « رجل الجبار » يشكل كل منهما ثنائيـــا متآلفـــا على درجة كبيرة من التقارب ·

ولما كانت النجوم منتشرة فى قطاعات وأعماق هائلة من الفضـــاء فمن الممكن القول بأنه لو بدا نجمان قريبين من بعضهما فى الفضاء فقد يكون أحدهما قريبا من الأرض والآخر بعيدا تماما ولكنهما يبدوان قريبين من بعضهما لوقوعهما بدرجة ما على نفس خط اتجاه النظر ·

وبما أن النجوم منتشرة عشوائيـــا فى الفضـــاء فالاحتمال كبير أن يبدو بعضها للناظر متراصا بدرجة ما فى اتجاه النظر بحيث يخال أنها قريبة من بعضها · وفى عام ١٧٦٧ حاول جيولوجى انجليزى يدعى جون ميتشيل (١٧٢٤ ـ ١٧٩٣) أن يبرهن أن عدد النجوم بالغة التقارب يفوق كثيرا أى توقع يستند الى مقولة التوزيع العشوائى ، ومن ثم خلص الى أن النجوم موجودة فى الواقع فى ثنائيات ·

وفى عام ١٧٨٢ تجاسر جودريك وأعلن ، مستدلا برأى ميتشيل ، أن الغول هو في الواقع زوج من النجوم يدور كل منهما حول الآخر بحيث يحدث كل منهما خسوفا للآخر بشكل دورى · غير أن ذلك كان مجرد استنتاج وليس نتيجة مشاهدة واقعية ·

أما وليم هيرشل (الذى وضع فيما بعد تصورا للشكل العـــام لمجرتنا) فقد كان يجرى فى عام ١٧٨٠ دراسة عن النجوم القريبة جدا من

بعضها • وكان يبحث عن نجمين قريبين من بعضهما بالنسبة لخط البصر ولكن أحدهما قريب من الأرض والآخر بعيد عنها كي يقيس بارالاكس الأقرب مقارنة بالأبعد ومن ثم يحسب مسافة الأقرب الى الأرض •

ولكن بدلا من ضالته المنشودة اكتشف هيرشل في عديد من الحالات أن النجمين يدوران بشكل واضح حول بعضهما • وقد رصدهما بالفعل يدوران حول بعضهما • واذا كان ثمة احتمال أن تبدو النجوم العادية على هيئة مزدوجة نتيجة التوزيع العشوائى ، فان ما اكتشفه هيرشل هو ثنائيات حقيقية كل نجم فيها قريب بالفعل من الآخر ، وقريب لدرجة أن كل منهما يقع فى مجال جاذبية الآخر وكل منهما يدور حول مركز ثقل الثنائى •

ولقد كان يعتقد في بداية الأمر أن الثنائيات من النجوم نادرة الوجود ، ولكن كلما تعمق علماء الفلك فى دراسة النجوم اكتشفوا المزيد من تلك الثنائيات • ويعتقد اليوم أن ما يناهز ٧٠٪ من النجوم الموجودة مكونة من ثنائيات أو من تجمعات أكثر تعقيدا • أما النجوم المفردة ، مثل شمسنا ، فهى تمثل أقلية •

لقد أفسح اكتشاف أول ثنائى المجال لاحراز تقدم كبير •

وبينما كان بيسيل ، وهو أول من حدد بعد نجم عن الأرض ، يتابع تغير موقع النجم الشعرى اليمانية تمهيدا لحساب مسافته لاحظ أن أسلوب تغيير الموقع ليس من النمط المتوقع لقياس البارالاكس • فقد اكتشف أن النجم يتحرك فى خط متعرج وفى اتجاه واحد • وبتحليل ذلك المسار المتعرج اتضح أن الشعرى اليمانية يتحرك فى مدار بيضاوى بسبب ما يتعرض له من قوة جاذبية أحد الاجرام السماوية القريبة ، وبتزاوج ذلك المدار البيضاوى مع الخط المستقيم الذى يسلكه النجم بحركته الذاتية تنتج تلك التعرجات •

وأن يتعرض نجم مثل الشعرى اليمانية لقوة جاذبية تجعله يتحرك فى مسار متعرج ملحوظ فهذا يعنى أننا بصدد قوة جاذبية هائلة ، لاتنتج الا عن نجم ، فما من شيء آخر له مثل هذه القوة • ولما لم ير بيسيل شيئا فى الموقع المفترض لذلك النجم ، فقد خلص فى عام ١٨٤٤ الى أن الشعرى اليمانية هو نجم ثنائى أحد قرينيه « معتم » • واستنتج أن ذلك القرين صار غير مرئى بعد أن احترق ذاتيا وأصبح يسبح فى الفضاء كحطام لما كان عليه سالفا •

وفي عـــام ١٨٦٢ وبينما كان صـــانع تلسكوبات أمريكي يدعى الفان جراهام كلارك (١٨٣٢ ـ ١٨٩٧) يختبر جهازا جديدا وهو يوجهه صوب الشعرى اليمانية ليطمئن الى وضوح الصورة ، رأى الصــــورة واضحة ولكنه لاحظ وجود نقطة ضوء بالقرب من النجم • شك كلارك فى البـداية فى أن ثمــة عيبا فى جهازه ، ففحص العدســات بدقة ووجدها سليمة تماما •

وبدراسة تلك النقطة الضوئية تبين كلارك أنها في نفس الموقع الذى افترض بيسيل أن « القـرين المعتـــم » للشعرى اليمانية يحتله والذى يسبب الحركة المتعرجة للنجم • وكانت النتيجة البديهية أن تلك النقطة الضوئية هي ذلك القرين •

وتقدر شدة بريق ذلك القرين ب ٨ر٤ درجـــة • فهو اذن ليس معتما ولكن لم يكن ثمة ضير فى أن يطلق عليه « القرين المعتم » للشعرى اليمانية • أما اليوم فيطلق على النجم ذاته « الشعرى اليمانية أ » وعلى قرينه المعتم أو الضعيف « الشعرى اليمانية ب » •

وفى عام ١٨٩٣ اكتشف الفيزيائي الألماني ويلهلم فيين (١٨٦٤ ـ ١٩٢٨) امكان تحديد درجة حرارة سطح نجم ما من خلال تفاصيل طيفه• وفى ١٩١٥ درس عالم الفلك الأمريكي والتر سيدني ادمز (١٨٧٦ ـ ١٩٥٦) الطيف الضعيف للشعرى اليمانية ب واكتشف أن درجة حرارة سطحه عالية بشكل يثير الدهشة • فقد كانت أعلى من درجـة حــرارة شمسنا وان كان أقل من حرارة الشعرى اليمانية أ •

واذا كان الشعرى اليمانية ب ملتهبا ـ ودرجة حـرارة سـطحه عشرة آلاف درجة مئوية ـ فلابد وأن تكون كل بقعة على سطحه على درجة بريق تزيد على لمعان مثيلتها على سطح الشمس • لماذا اذن كان الشعرى اليمانية ب معتما الى هذا الحد ؟ ليس من احتمال سوى أن يكون سطحه بالغ الصغر • اذن فالنجم شديد البريق ولكن نظرا لصغر مساحة سطحه اللامع فانه يبدو ضعيفا ككل •

ويعتقد اليوم أن قطر الشعرى اليمانية ب لايتجاوز أحد عشر ألفا ومائة كيلومتر (٦٩٠٠ ميل) أى انه يصغر الأرض قليلا حيث يبلغ قطرها ١٢٧٥٦ كيلومتر (٧٩٥٠ ميلا) •

غير أنه لايعد ضئيلا الا فى الحجـم • فبسبب تأثير جاذبيتــه على الشعرى اليمانية أ استنتج بيسيل انه موجود دون أن يراه • ولم يتغير تقدير علماء الفلك لقوة جاذبية الشعرى اليمانية ب بعد ما اكتشفوا أنه

لا يزيد من حيث الحجم على كوكب صغير ، بل على العكس فقد حسبوا وزنه استنادا الى هذه القوة وتوصلوا الى أنه يعادل ١٠٥ر٠ مثل كتلة الشمس ، وكل هذه الكتلة مركزة فى ذلك الحجم المنكمش الذى يقل عن حجم الأرض ٠

واذا كان متوسط كثافة الأرض (على افتراض أن الكتلة موزعة توزيعا منتظما) زهاء ٥٥٠٠ كيلوجرام للمتر المكعب ، فان كثافة الشعرى اليمانية ب تعادل ٥٣٠ ألف مثل هذا القدر ٠

وعلى ذلك ، فان متوسط كثافة الشعرى اليمانيــة ب تقدر بثلاثة بلايين كيلوجرام للمتر المكعب٠وعلى سبيل المقارنة ، فلو أن قطعة معدنية من فئة ٢٥ سنتا أمريكيا صنعت من نفس مادة هذا النجم لكان وزنهـا ١٩٠٠ كجم (٤٢٠٠ رطل) ٠

غير أن كثافة الشعرى اليمانية ، شأنها فى ذلك شأن كل الاجرام الســماوية بما فيها الأرض والشمس ، ليست منتظمة وتتراوح بين حد أدنى على السطح وحد أقصى فى المركز حيث قد تصل الى ٣٣ بليون كجم للمتر المكعب ٠

وما أن اكتشف أن حجم الشــعرى اليمــانية بهذه الضآلة ، بات بديهيا أن كثافته تفوق كثيرا كثافة أى جســم على الأرض مهما بلغ من ثقله ٠ ولو أن مثل هذا الكلام قد قيل قبل بضــع ســنين لبعث على السخرية ٠٠ ولكن منذ أن توصل ادمز الى اكتشافه الجوهرى عن درجه حرارة الشعرى اليمانية صار مفهوما أن الذرة تتكون من نواة بالغــة الثقــل والصغر وتحيط بها الكترونات تكاد تكون بلا وزن ٠ ثم أفتى أدينجتون فى عام ١٩٢٤ بأن الذرات فى أجسام مثل الشعرى اليمانية ب تعرضت للدمار والانضغاط بحيث صارت الانوية متقاربة بشكل يفوق كثيرا مثيلاتها فى الذرات السليمة ٠

ووفقــا لهذا المنطق ، فان المادة المكونة من ذرات مدمرة وأنــوية مضغوطة الى بعضها تسمى مادة « متحللة » ٠ وتبلغ الحرارة والضغط فى جوف الشمس درجة بالغة تبعث على الاعتقاد بأن مركزها يحتوى على مادة « متحللة » ، أما نجم مثل الشعرى اليمانية ب فهو مكون كله تقريبا من مثل تلك المادة ٠ وتتوقف قوة جاذبية أى جسم عند سطحه على كتلة ذلك الجسم وعلى المسافة بين ســطحه ومركزه (أى نصف قطره) ٠ وعلى سبيل المثال فان كتلة الشمس تعــادل ٣٣٣٥٠٠ مثــل كتلة الأرض ٠ أما نصف قطرها فهو يعادل ١٠٩ر١ مثل نصف قطر الأرض أى أن بعد

السطح عن المركز في الشمس يعادل ١ر١٠٩ مرة ذلك البعد في الأرض • وكلما زاد البعد عن المركز قلت الجاذبية التي يتعرض لها المرء لو وقف على السطح أو بمعني آخر قل ثقله على السطح •

ولحساب قوة جاذبية الشمس لابد من قسمة كتلتها على مربع نصف قطرها • وبالنسبة والتناسب فانها تساوى

$\frac{٣٣٣٥٠٠}{(١ر١٠٩)^{٢}}$ أى حوالى ٢٨ مثل قوة جاذبية الأرض •

وفيما يتعلق بالشعرى اليمانية ب فلابد أن نتذكر أن كتلته تعادل ١٠٥ر١ مثل كتلة الشمس ، أما نصف قطره فهو يساوى ٠٠٨ر٠ مثل نصف قطرها ، وبالنسبة والتناسب أيضا فان قوة الجاذبية على سطح الشعرى اليمانية ب تعادل $\frac{١ر٠٥}{(٠ر٠٠٨)^{٢}}$ × ٢٨ أى ٤٧٠ ألف مثل الجاذبية على سطح الأرض •

وبما أن الشعرى اليمانية ب بلغ من الحرارة درجة التوهج الأبيض ومن الحجم هذه الضآلة فانه يعد مثالا « للنجيم الأبيض » • وبما انه يمثل هذه الدرجة العالية من الكثافة مع هذا الحجم الضئيل فانه مثال « للنجم المتقزم » أو « المتقزم الأبيض » •

وبناء على ما تقدم ، فلم يعد الشعرى اليمانية ب وكل المتقزمات البيضاء في « طورها الرئيسى » • وخلاصة القول أن النجم اذا كان في طوره الرئيسى فان ما يحدث في جوفه من تفاعلات اندماجية يولد من الحرارة ما يجعله متمددا • وما أن تتوقف تلك التفاعلات ، يزول سبب التمدد وينقبض النجم تحت تأثير قوة جاذبيته ويتحول الى متقزم أبيض •

ويبلغ عدد المتقزمات البيضاء حوالى ١٥٪ من عدد النجوم في المجرة • وهذا يعنى انه ربما تجاوز عدد تلك المتقزمات خمسة وأربعين بليونا في المجرة ، ونظرا لصغر حجمها فان بريقها على درجة من الضآلة بحيث لا يرى منها سوى تلك المتقزمات القريبة نسبيا الى الأرض • بل ان الشعرى اليمانية ب ، وهو أقرب متقزم أبيض للأرض ، ما كان ليرى بدون تلسكوب حتى لو لم يكن هناك الضوء المبهر الذى يشعه الشعرى اليمانية أ القريب منه •

النجـوم العملاقة الحمراء

يتضـح الآن أن المتقزمات البيضـــاء تشكل مفتاحا رئيسيا فى لغز ظهور النجوم المستجدة ـ ولكن ليست هى ذاتها حل اللغز وثمة نوع آخر من النجوم لابد أن نتعرض له ، نوع فى غير « طوره الرئيسى » أيضا ٠

فى عـام ١٩٠٥ وبينما كان عـالم الفلك الدانمركى اينـــار هرتز سبرونج (١٨٧٣ ـ ١٩٦٧) يدرس لأول مرة مسألة « الطور الرئيسى » للنجوم ، لاحظ أن هناك نوعية من النجوم الحمراء ، نوع ضعيف للغاية ونوع شديد البريق ولا وسط بينهما ٠

ويعزى اللون الأحمر لذلك النوع من النجوم الى أن سطحه اما بارد أو على الأقل على درجة من الحرارة لاتزيد على درجـــة التوهج الأحمر ، بينما النجوم مثل شمسنا على درجة التوهج الأبيض ٠ ولا تزيد درجـة حرارة السطح فى النجوم الحمراء على ألفى درجة مئوية ٠ وقد يتوقع المرء أن مثل تلك النجوم تشع قدرا ضئيلا نسبيا من الضوء لكل وحدة مساحة بحيث لو كانت فى مثل حجم الشمس أو أقل لبدت باهتة ٠ ومن ثم فان النجوم الحمراء الباهتة لا تبعث على الدهشـــة ٠ ولكن بماذا اذن تفسر النجوم الحمراء شديدة البريق ؟ ٠

لو أن نجمـــا باردا ظهر على درجـــة كبيرة من البريق ، فلابد أنه استعاض عن ضعف كثافة ما يشعه من ضوء بأن تكون مساحتـــه هائلة أى تفوق كثيرا مساحة الشمس ٠ بمعنى آخر لابد وأن يكون قطر النجوم الحمراء الساطعة أكبر من قطر شمسنا بما قد يصل الى مائة مثـــل ٠ وتسمى تلك النجوم بالنجوم العملاقة الحمراء ومن أمثلتها منكب الجوزاء وقلب العقرب ٠

وعندما اكتشفت مسألة الطور الرئيسى للنجوم ، كان واضحا أن النجوم العملاقة الحمراء لم تكن فى هذه المرحلة ٠ وكان منطقيا أن يفترض أنها فى مرحلة الميلاد وأنها تزداد كثافة ببطء تحت تأثير مجال جاذبيتها الذاتى ، وأنها بالتالى تتقلص تدريجيا وتزداد حرارة وهى فى سبيلها الى أن تتحول الى الحجم والحرارة العاديين وتدخل مرحلة الطور الرئيسى ٠

الا أن ذلك الاعتقاد لم يعد مقبولا ٠ فقد درس العلمـاء مجموعات النجوم التى يعتقد انها من نفس العمر ، فمن المرجح أن تكون النجـوم قد تكونت فى مجموعات كل مجموعة فى توقيت واحد ٠ وتبين لعلماء الفلك أن كل نجم فى المجموعة ماض فى طوره ولكن كلما زادت كتلة النجم زادت سرعة تطوره ٠ ومن ثم قسموا النجـوم بحسب كتلتهـا وأصبح

لديهم سلسلة من « النماذج » التى تبين مختلف مراحل التطور • والنجوم الأكبر كتلة هى النجوم العملاقة الحمراء • ويتضح من ذلك أن مثل تلك النجوم ، صحيح أنها ليست فى مرحلة طورها الرئيسى ولكنها فى طور متأخر من أطوار النجوم وليس طورا مبكرا كما كان يعتقد سابقا •

كيف اذن تتكون النجوم العملاقة الحمراء ؟ ••

يسود الاعتقاد بأنه مع مرور ملايين السنين فان الهيدروجين الموجود فى جوف النجم ينفد ، أما الهليوم الناتج عن عملية الاندماج وهو أكثر كثافة من الهيدرجين ، فانه يتركز فى جوف النجم ، وتستمر عملية اندماج ذرات الهيدروجين على محيط كرة الهليوم النامية عند المركز • ولعلنا الآن نحول اهتمامنا نحو الهليوم ذاته •

فبما أن الهليوم يتكثف عند المركز فان كرة الهيدروجين المحول الى هليوم تتقلص وتزداد كثافة وسخونة • ويتولد عن تلك العمليات كميات هائلة من الحرارة والضغوط تتيح بداية « الاندماج النووى لذرات الهليوم » ، أى أن نويات الهليوم تتحد وتكون نويات جديدة أكثر تعقيدا هى نويات الكربون والنيتروجين والأكسجين •

وتزود تلك العملية النجم بحرارة هائلة تضاف الى تلك الناجمة عن الطور العادى لاندماج ذرات الهيدروجين على محيط كرة الهليوم • ونتيجة لذلك فان الطبقات الخارجية للنجم تزداد لهيبا وتتمدد بدرجة تفوق كثيرا تمدد النجم العادى الذى يعتمد كلية على الاندماج الهيدروجينى • وعند هذه المرحلة يمكن القول بأن النجم المتمدد يعيش طوره الرئيسى •

ومع تمدد الطبقات الخارجية فان درجة حرارتها تقل الى درجة التوهج الأحمر غير أن التناقص فى معدل الاشعاع الحرارى لوحدة السطح يعوضه اضعافا مضاعفة التمدد فى سطح النجم • فلو أن قطر النجم زاد الى مائة مثل فان مساحة سطحه تزيد بمقدار ١٠٠ × ١٠٠ أى عشرة آلاف مثل وبالتالى فان اجمالى ما يشعه من حرارة ، رغم سطحه البارد نسبيا ، تفوق كثيرا ما يشعه قبل التضخم •

ولما كان مقدار الطاقة التى يولدها اندماج الهليوم يقل كثيرا عن ذلك الناجم عن الاندماج الهيدرجينى فان مخزون الهليوم ينتهى فى وقت يقل كثيرا عما لو كان هيدروجينيا • وربما تصاعدت عملية الاندماج النووى فتتحد الذرات الناجمة عن اندماج الهليوم • ولكن كل ما ينتج من طاقة من جراء اندماج الهليوم لا يتجاوز واحدا على عشرين مما تولده

عملية اندماج الهيدروجين ـ ويستمر النجم العملاق الأحمر يشع الحرارة بمعدل هائل ٠

وذلك يعنى أن مرحلة العملاق الأحمر فى عمر النجم لا تكون طويلة ، وان بدت غير ذلك من وجهة نظر البشر ، اذ انها قد تستغرق مليونا أو مليونى سنة ٠ وذلك يبرر العدد الضئيل نسبيا لما يمكن أن نراه من نجوم عملاقة حمراء رغم انه يمكن رؤيتها على مسافات سحيقة ما لم تحجبها سحب الغبار ، ولا تتجاوز نسبتها واحدا فى المائة من النجوم فى مجرتنا ، أى ما يوازى ٢٫٥ بليون تقريبا ٠ فضلا عن اننا لا نرى سوى ما يقع منها فى ناحيتنا من المجرة ٠ ومعظم النجوم اما لم تبلغ بعد مرحلة العملاق الأحمر أو تجاوزتها ٠

وتستمر عملية الاندماج النووى فى مركز النجم العملاق الأحمر الى أن يقل معدل ارتفاع الحرارة عن القدر اللازم لاتاحة مزيد من اندماجات متقدمة جديدة ٠ وحتى فى حالة أكبر النجوم كتلة ، ورغم امكان استمرار ارتفاع الحرارة الى درجات هائلة ، فان سلسلة الاندماجات لاتستمر الى أبعد من تكون نواة الحديد ٠ أى أن نواة الحديد هي علامة النهاية ولا طاقة تتولد بعد ذلك سواء انقسمت نواة الحديد الى نويات أصغر (فيما يسمى بالانشطار) أو اندمجت لتكون نويات أكبر ٠ وبالطبع ، يحتاج الأمر فى كلتا الحالتين « امدادا » بالطاقة ٠ ويمكن اعتبار نويات الحديد « الرماد » الأخير لما يجرى فى جوف النجوم من عمليات الاندماج النووى ٠

وسواء بلغت الحرارة داخل جوف النجم العملاق الأحمر درجة لاتتيح لكتلته الاستمرار فى تزويده بالطاقة أو استمرت سلسلة الاندماجات حتي تكونت نويات الحديد ، فالنهاية واحدة ، حيث يخمد الحريق النووى ولا شيء يمكن النجم من البقاء متمددا ومن مقاومة قوة جاذبيته فينتهى به الأمر الى الانقباض ٠ ويتم ذلك بسرعة بالغة ٠

وبانهيار النجم وانقباضه ترتفع درجة حرارته ٠ وقد يتعرض ما تبقى من هيدروجين فى الطبقة الخارجية من النجم لقدر من الحرارة والضغط يتيح له الاندماج ومن ثم يحدث انفجار من شأنه أن يدفع الى الفضاء بحمم نجمية وبالتالى تتكون كرة من الغازات والغبار حول النجم وتتمدد فى الفضاء ٠

وبعض النجوم التى نراها تعيش تلك المرحلة وتظهر كأنها محاطة بحلقة من الدخان ٠ ويعزى ذلك الى أن ضوء النجم يتخلل طبقات الغبار

الغاز فى اتجاه النظر ومن ثم تبدو كرة الدخان أكثر وضـوحا عند محيطها وبالتالى تظهر كمقطع حلقى يحيط بالنجم ٠

وتسمى سحابة الغبار والغاز الممتدة بين النجوم فى الفضاء بالسديم ٠ أما اذا كانت هذه السحابة على هيئة حلقة تحيط بنجم بحيث تشبه مدار كوكب فتسمى « سديم كوكبى » ٠

ويبلغ عدد حالات السديم الكوكبى المعروفة حوالى ألف أشهرها السديم الحلقى الموجود فى برج القيثارة ٠

ويوجد فى مركز السديم الكوكبى نجم شديد الحرارة الى درجة التوهج الأبيض المائل الى الأزرق (وهى درجة التوهج المتوقعة لمتقزم أبيض حديث التكون) ٠ وتواصل اشعاعات النجم المتقزم دفع كرة الغاز الى الخارج فيزداد حجمها بينما يترقق سمكها ويقل بريقها الى أن تختفى وسط هالات الغاز والغبار المنتشرة فى الفضاء ٠ وبعد فترة تناهز مائة ألف عام لايبقى من ذلك سوى متقزم أبيض بدون سديم حوله وهى المرحلة التى يعيشها الآن نجم الشعرى اليمانية ب ٠

وبما أن المتقزم الأبيض لاتحدث به أى تفاعلات اندماجية فليس له من مصدر للحرارة ٠ ومن ثم تبدأ درجة حرارته فى الانخفاض ببطء شديد ومع مرور العصور يتحول الى متقزم معتم لا يشع من الضوء الا قدرا ضئيلا لايرى ٠ ولم يبلغ الكون بعد درجة من القدم بحيث يتكون عدد من المتقزمات المعتمة بل ربما لم يتكون أى منها بعد ٠

الثنائيات والانهيار الانقباضى

والآن ، هل يبدو انه بوسعنا استنتاج ما يحدث عندما يتحول نجم الى نجم متجدد التألق ؟

عندما ينهار نجم عملاق أحمر وينقبض فان وميضا يشع نتيجة تكثف الهيدروجين فى طبقاته الخارجية فهل هذا الوميض هو الذى يمثل تجدد التألق ؟ ولما كان الانفجار المصاحب للانقباض يطلق غازات وغبارا فهل هذا هو ما نراه فى « نوفا فرساوى » و « نوفا عقابى » ؟

ان واقع الأمر يقول بغير ذلك ٠ فقد أظهرت الدراسات التى أجريت على النجوم فى مرحلة ما قبل التحول (العدد الضئيل الذى تجدد تألقه) أنها لم تكن نجوما عملاقة حمراء ٠ فضلا عن أنه بعد أفول النجم متجدد التألق وعودته الى حالته الأصلية « مرحلة ما بعد التجدد » لم يتحول

الى متقزم أبيض • ففى الحالتين ، قبل مرحلة تجدد التالق وبعدها بدا النجم فى طوره الرئيسى ، يفوق الشمس بدرجة ما فى بريقه وسخونته .

ولحل ذلك اللغز فلنتذكر أن معظم النجوم تنتمى لنظم ثنائية . وما دام الأمر كذلك فلعلنا نتساءل عما يحدث لو أن واحدا من الثنائى انتهت مرحلة طوره الرئيسى وتمدد الى عملاق أحمر ثم انهسار وانقبض وتحول الى متقزم أبيض بينما قرينه مازال فى طوره الرئيسى ••

أولا لابد وأن يكون جزءا النجم الثنائى قد تكونا فى نفس الوقت ، غير أن أكبرهما كتلة هو الذى سينتهى بقاؤه فى مرحلة الطور الرئيسى أسرع من قرينه وهو الذى سيتحول قبل الآخر الى متقزم أبيض •

لكن الشعرى اليمانية ب ، وهو المتقزم الأبيض الذى نعرفه أكثر من غيره ، يبدو مخالفا لذلك الاستنتاج • فهو لم يعد فى طوره الرئيسى ووزنه ١٫٠٥ مثل كتلة الشمس بينما قرينه الشعرى اليمانية أ مازال فى طوره الرئيسى ويعادل ٢٫٥ مثل الشمس فى كتلته • فما هو تفسير ذلك التعارض ؟

يقودنا التحليل المنطقى الى أن الشعرى اليمانيـــة ب كان الأكثر كتلة فى بداية تكون الثنائى مما أفضى به الى التحـول قبل قرينـــه الى مرحلة العملاق الأحمر • وعندما انهار ذلك العملاق الأحمــر وانقبض لفظ جزءا كبيرا من كتلته ، بحيث ان ما تبقى فى نهاية الأمــر وتقلص الى متقزم أبيض كانت كتلته أقل كثيرا من الكتلة الأصلية •

بل ربما يكون الشعرى اليمانية أ قد اقتنص بقوة جاذبيته جانبا كبيرا من الكتلة التى لفظها قرينه وبالتالى أصبح أكبر كتلة مما كان عليه فى الأصل • (وذلك يعنى من ناحية أخرى أن عمر الشعرى اليمانية أ فى مرحلة الطور الرئيسى قد تناقص كثيرا) •

وليس ثمة ما يدل على أن نجما « نوفا » قد تكون فى الثنائى الشعرى اليمانية غير أن فكرة انتقال الكتلة من جزء الى جزء فى الثنائى تستقطب الاهتمام •

ولقد تحقق الاكتشاف الرئيسى فيما يتعلق بالنجوم متجددة التالق فى سنة ١٩٥٤ وهو الذى أفضى الى فهمنا الحالى لهذه الظاهرة •

كانت مرحلة ما بعد « النوفا » موضع دراسة متأنية فى ذلك الوقت، ومن بين ما تكشف من خصائص تلك النجـــوم أن عددا كبيرا منها كان يبدو يشع وميضا سريعا ضعيفا لا يماثل على الاطلاق البريق المنتظم الذى تشعه النجوم العادية • وكان علماء الفلك يسمون بالطبع الى رصـد أى

شيء من شأنه أن يميز النجوم فى مرحلة ما بعـــد النوفا عن النجوم العادية ، لذا بدا ذلك الوميض مبعث أمل ٠

وكان النجم « نوفا جاثى » ، أو بالأصح الذى انضم الى مجموعة النجوم النوفا اثر تجدد تألقه قبل عشرين سنة من هذا التاريخ وأطلق عليه بعـد ذلك د٠ ق٠ جاثى ، هو أحد النجوم تحت الملاحظة ٠ وفى عام ١٩٥٤ لاحظ عالم الفلك الأمريكى ميرلى ف٠ والكر أن ضوء النجم خبا بشكل واضح ومحدد لمدة ساعة دون أن يتوقف الوميض ثم عادت درجة البريق الى مســتواها العادى ٠ وبالمتابعة تبين أن تلك الظـاهرة تتكرر بشكل دورى كل ٤ ساعات و ٣٩ دقيقة ٠

وبات واضحا أن د٠ق ٠ جاثى هو ثنائى متوالى الخسوف ، شأنه فى ذلك شأن الغول ، وهو ما لم يكن يتوقعه أحد ٠ ويعزى عدم رصد تلك الخاصية فى وقت سابق الى أن التغير ليس كبيرا وأن الفاصل الزمنى من الضآلة بحيث ما كان لأحد أن يتوقع مثل هذا التكرار السريع ومن ثم لم يسع أحد الى ملاحظته ٠ وفى الواقع فانه حين اتضح أن د٠ق٠ جاثى هو نجم ثنائى فقد تبين أنه يتميز بأقل زمن ترددى بين كل الثنائيات ٠

وذلك يعنى أن نجمى الثنائى يدوران بسرعة غير عادية حول مركز ثقل مشترك وهذا يعنى بالتالى انهما على مقربة شـــديدة من بعضهما ٠ وتفيد أدق التقديرات حاليا بأن المسافة التى تفصل بين نجمى الثنائى د٠ق ٠ جاثى لاتتجاوز ١ر٥ مليون كيلومتر (٩٠٠ ألف ميل) مقاســة من المركز الى المركز ٠ واو كان كل من النجمين بحجم شمسنا لتلامسا ٠

هل كان ذلك مجرد صدفة ؟ وهل هنـــاك علاقة بين كون د٠ق ٠ جاثى ثنائيا بالغ التقارب وما حدث من تجدد تألقه قبل وقت قريب ؟

وللاجابة على تلك التساؤلات كان لابد من دراسة نجوم أخرى فى مرحلة ما بعد تجدد التألق للوقوف على ما اذا كانت مكونة من ثنــائيات بالغة التقارب ٠ وقد اكتشف زميل لوالكر يدعى روبرت ٠ب٠ كرافت أن سبعة نجوم من بين عشرة درسها فى مرحلة ما بعد « النوفا » تتميز بدلائل تفيد بأنها ثنائيات بالغة التقارب ٠

وبالطبع فانه ليتجاوز المنطق أن يعزى الى الصدفة وجود كل النظم الثنائية على هذه الدرجة من التقارب البالغ بين طرفيها بحيث يأتى واحد أمام الآخر فيسبب الخسوف ٠ بل لقد اتضح أيضا من الدراسة المتأنية لخطوط الطيف أن حتى من لم يكن لها أى مظاهر للخسوف من تلك الفئة من النجوم انما هى ثنائيات متقاربة ٠

ولما كانت الثنائيات بالغة التقارب نادرة ، والنجوم النوفا أيضا نادرة فلا يمكن أن ينسب الى الصدفة وجود مثل هذه النسبة العالية من النجوم التي تجمع بين كونها نوفا وثنائية بالغة التقارب • لابد من وجود علاقة ما •

ثم اكتشف عامل آخر • فقد كان يعتقد أن النجوم بعد فترة تجدد تألقها تكون نجوما عادية في طورها الرئيسى ، الا أنه تبين من الدراسة الوثيقة للطيف أن كلا منها مقترن بنجم آخر صغير متوهج أبيض وما ذلك الا متقزم أبيض • بمعنى آخر فقد اتضح أن كل النجوم بعد مرحلة تجدد التألق تتمثل في ثنائيات بالغة القرب وأحد طرفيها متقزم أبيض •

وذلك يفسر ضآلة التغير في البريق خلال الخسوف • فعندما يأتى المتقزم الأبيض أمام قرينه فانه في الواقع لايحجب منه شيئا ولكن بريق الثنائى ككل يضعف قليلا عما لو لم يحجب أحدهما الآخر ، أما لو جاء القرين أمام المتقزم الأبيض فانه سيحجب نجما محدود البريق مهما كانت درجة توهجه الأبيض •• وفي هذه الحالة أيضا فان التناقص في بريق الثنائى يكون ضعيفا •

ولقد كان هذا التآلف بين متقزم أبيض ونجم في طوره الرئيسى واندماجهما في ثنائى بالغ التقارب مبعث استنتاج علماء الفلك لما يحدث عندما يتجدد تألق نجم •

فالنجوم الثنائية بالغة التقارب تتكون في الأصل من نجمين في طورهما الرئيسى • وبمرور الوقت يتحول النجم الأكبر كتلة (أ) الى عملاق أحمر • ويأخذ العملاق الأحمر في التمدد الى أن يتضخم بدرجة تجعله يلامس قرينه (ب) مما يؤدى الى انتقال بعض من الطبقات الخارجية للنجم (أ) الى (ب) فيصبح (ب) أكبر كتلة ومن ثم يقل عمره مرحليا • ثم ينهار النجم (أ) وينقبض ويتحول الى متقزم أبيض بينما يواصل (ب) مشواره في طوره الرئيسى بعد أن اختصر •

ولا يمر وقت طويل (في عمر النجوم) حتى يبدأ النجم (ب) في تكثيف استهلاكه للوقود الاندماجى وفي التمدد • وقبل أن يتضخم الى حدود قصوى ويتحول الى عملاق أحمر كامل بادى الوضوح تقترب طبقاته الخارجية من المتقزم الأبيض (أ) بقدر يجعل بعضا من مادة النجم (ب) تتناثر في مجال جاذبية (أ) •

وتجدر الاشارة الى انه عندما انتقلت في المرة الأولى المادة من (أ) الى (ب) التحمت بالسطح لأن كلا منهما كان نجما عاديا • أما الآن فان

المادة المنفصلة عن (ب) لا تلتصق بسطح (أ) ، لأنه أصبح متقزما أبيض بالغ الصغر ، ولكنها بدلا من ذلك تأخذ مدارا حول (أ) وتكون « قرصا تراكميا » •

ويعزى ذلك الاسم الى أن جسيمات المادة الدائرة حول (أ) تتداخل مع بعضها من جراء اصطدام جزيئاتها وذراتها ، فيحدث نوع من الاحتكاك الداخلي يكون من نتيجته أن تفقد أجزاء منها قدرا من الطاقة فتغوص صوب المتقزم الأبيض • ثم تتساقط تلك الأجزاء بطيئا وتتراكم على سطح المتقزم الأبيض فتزداد كتلته (وتسمى تلك العملية ارتكاما أو تراكما)•

ورغم أن النجم (ب) قد نفد الهيدوجين في جوفه ، وأنه يتمدد في سبيله الى التحول الى مرحلة العملاق الأحمر ، فان طبقاته الخارجية ، التي يتسرب بعض منها ، مازالت مكونة كلية من الهيدروجين • أما المتقزم الأبيض (أ) ، الذي لم يبق لديه سوى قدر ضئيل للغاية من الهيدوجين حتى في طبقاته الخارجية ، فانه قد بدأ بذلك في اكتساب الهيدروجين من قرينه •

وتحت تأثير قوة الجاذبية الشديدة على سطح المتقزم الأبيض (أ) فان الهيدروجين الذي يصل الى سطحه يتعرض لانضغاط شديد ومن ثم ترتفع درجة حرارته • ومع استمرار تراكم الهيدروجين تواصل درجة الحرارة ارتفاعها بحيث تصل الى حد يتيح اندماج بعض نويات الهيدروجين ، وبالتالي يزداد ارتفاع درجة الحرارة على سطح (أ) •

ومع استمرار تصاعد درجة حرارة الهيدروجين وسطح المتقزم (أ) تصل السخونة الى درجة تتيح اندلاع عملية اندماج نووي هائلة في « القرص التراكمي » ، فتنصهر أجزاء كبيرة منه محدثة وميضا هائلا واشعاعات أخرى كما تدفع الطبقات العليا للقرص التراكمي الى مجال جاذبية المتقزم الأبيض •

وليس ما نراه على الأرض من تجدد التألق ونطلق عليه اسم « نوفا » سوى ذلك الوميض الهائل وليست سحابة الغبار والغاز التي نراها منتشرة حول النجم في مرحلة ما بعد « النوفا » سوى ذلك الجزء الذي انصهر وانفصل عن القرص التراكمي •

وشيئا فشيئا تخمد عملية الاندماج النووي وتبدأ درجة حرارة المتقزم الأبيض في الانخفاض تدريجيا على مدى فترة طويلة من الزمن • ولكن مع استمرار تسرب الهيدروجين من النجم (ب) تتكرر الدورة ويتكون مرة أخرى قرص تراكمي جديد يقترب ببطء من سطح

النجم (أ) وهو مازال في مرحلة التبريد · وتتواصل التفاعلات الى أن يحدث انفجار آخر · وبذلك تتكرر عملية تجدد تالق النجم عدة مرات قبل أن يستكمل النجم (ب) تمدده ويصبح مهيئا للتحول الى متقزم أبيض · (وقد رصدت نجوم ثنائيــة مكونة من أزواج من المتقزمات البيضاء ـ ومن الجائز الا يمر أى من المتقزمين بمرحلة تجـدد التالق اذا كانت المسافة بينهما كبيرة فذلك من شأنه أن يجعل كميات الهيدروجين المتسربة من واحد لآخر غير كافية لحدوث سلسلة التفاعلات المؤدية الى الانفجــار) ·

وبصفة عامة ، فان الانفجار الأول في تلك السلسلة يكون الأشــد بريقا ويسمى في بعض الأحيان النوفا البكر · ولعل نوفا فرساوي وعقابي والدجاجة كانت كلها بكرا · وقد لا يحدث الانفجــار الثانى قبل فترة تربو على مائتى ألف سنة ، ويكون أقل بريقا · ويستمر تناقص البريق كلما تكرر الحدث ·

ويساهم المتقزم الأبيض ذاته في شدة التفاعلات النــووية · فهو يحتوى على سطحه على مواد ذات نويات ثقيلة ـ مثل الكربون والنيتروجين والأكسجين ـ وقد تمتزج كميات صغيرة منهـا مع الهيدروجـين القـادم مما يعجل عملية الاندماج الهيدروجينى · ولو أن كمية النويات الثقيلة ، التى تمتزج مع الهيدروجين فاقت قدرا معينا فان سرعة الاندماج النووى فى حالة الهيدروجين تزداد بشكل كبير بما يجعل وميض لحظة الانفجار الأولى أكثر بريقا ثم يزيد بعد ذلك من معدل الأفول · اما اذا امتزجت نويات الكربون والنيتروجين والأكسجين بكميـــات صغيرة نســبيا مع الهيدروجين فان معدل الاندماج النووى سيكون بطيئا ، ومن ثم يقل بريق لحظة الانفجار الأولى ، ويقل أيضا معدل انطفاء ذلك الوهج · وذلك يفسر وجود حالات تجدد تالق سريعة وأخرى بطيئة ·

يتضح من ذلك أن تجدد التالق تفاعل يتطلب حـدوثه مواصـفات دقيقة لا تتوفر الا فى عدد محدود للغاية من النجوم فى مجرتنا · فلابد لحدوث تلك العملية من وجود نجم ثنائى ، يكون طرفاه على درجة كبيرة من التقارب ·

ولا ينطبق ذلك تحديدا على شمسنا · فهى ليست طرفا فى نجم مزدوج شديد التقارب ، بل انها ـ على حد علمنا ـ ليست طرفا فى أى ثنائى آخر · ويتوقع للشمس بعد خمسة بلايين سنة أو يزيد أن تكون قد استنفدت قدرا وافيا من الهيدروجين وأن تبدأ عملية اندماج الهليوم ، وعندئذ ستبدأ مرحلة التحول الى عملاق أحمر تمهيدا للانقباض بعد ذلك والتغير الى متقزم أبيض · غير أن ذلك سيحدث بشكل ذاتى بدون تدخل خارجي · بمعنى آخر لن تتحول أبدا الى نوفا ·

انفجارات أعظم

ماذا بعد المجرة ؟

لم يقتصر حدث « النوفا » على الثنائيات شديدة التقارب المشتملة على متقزم أبيض • فلقد تبين أن نحو واحد من ألف « نوفا » لاتنطبق عليه هذه المواصفات بل يخضع لظاهرة مختلفة تماما • ولفهم تلك الظاهرة ، لابد لنا من توسيع نطاق نظرتنا للكون •

عندما توصل العلماء فى بداية الأمر الى أن النجوم المرئية فى السماء تنتمى الى تكوين ذى شكل ثابت وحجم محدد ـ وهو المجرة ـ سلم معظمهم بأن ذلك التكوين يشتمل على كل النجوم الكائنة أو معظمها• بمعنى آخر اعتبروا أن المجرة تشكل تقريبا كل الكون •

وكانت « السحب الماجلانية » هى الشىء الوحيد فى السماء التى يمكن أن يعتقد العلماء بوجودها خارج المجرة • وتقع هذه السحب فى الأغوار السحيقة من السماء الجنوبية وهى ليست مرئية من خطوط العرض الأوروبية •

ولقد كان أول من رأى هذه السحب ووصفها (فى عام ١٥٢٠) تلك المجموعة من الأوروبيين أعضاء بعثة فرديناند ماجلان الى الشرق الأقصى • وقد اتخذت البعثة طريقا غربيا لبلوغ هدفها فكانت بذلك أول مجموعة تتم دورة بحرية كاملة حول الأرض • ولتفادى الأمريكتين أبحرت البعثة الى أقصى الجنوب ومرت بما هو معروف الآن باسم مضيق ماجلان• ولقد أتاح الابحار فى خطوط العرض الجنوبية القصوى هذه رؤية السحب الماجلانية فى الأغوار السحيقة من السماء •

وتتمثل السحب الماجلانية فى منطقتين من الضوء الخافت تبدوان كجزءين منفصلين عن درب اللبانة ، بل لعلهما بسبب ذلك الانفصال لاينتميان للمجرة التى يشكل درب اللبانة طوقها الخارجى •

وبمرور الوقت تبين أن السحب الماجلانية ، شأنها فى ذلك شأن درب اللبانة ، تشتمل على عـدد كبير من النجوم ذات البريق الضعيف للغاية • وفى الثلاثينات من القرن العشرين اتضح أن المنطقة الكبرى من السحب الماجلانية تبعد عن الأرض بمقدار خمسمائة وسبع وأربعين ألف فرسخ بينما تبعد المنطقة الصغرى خمسمائة وخمسين ألف فرسـخ • أى أن كلتيهما تبعدان كثيرا عن حدود مجرتنا •

وتبين أيضا أن كلتيهما تقلان كثيرا من حيث الحجم عن مجرتنا • فبينما تشـتمل المجرة على ٢٥٠ بليون نجم ، يقدر عدد نجوم المنطقة الكبرى من السحب الماجلانيـة بنحو عشرة بلايين والمنطقـة الصغرى بما لايزيد على بليونين •

ويمكن اعتبار منطقتى السحب الماجلانية مجرتين صغيرتين تابعتين لمجرتنـا كالكواكب ويمـكن الآن تمييزهما عن الأكوان الأخرى المشابهة مثل مجرة « درب اللبـانة » • وقد يقول البعض ان منطقتى السـحب الماجلانية قد انفصلتا بشكل ما وأنهما تكونان مع مجرة درب اللبـانة نظاما ذا قوة جاذبية تربط بين أقطابه ، على غرار نظـام الأرض والقمر اذ يعتبران وحدة واحدة •

ويبعث ذلك على التساؤل ، هل هناك شىء خارج النظام المشترك بين درب اللبانة والسحب الماجلانية ؟

لقد اعتقد البعض من علماء الفلك خلال القرن التاسع عشر بأن ثمة شيئا ما موجودا بالفعل خارج ذلك النظام • وفى الواقع كان هناك شىء واحد يبعث على الاعتقاد بأنه نجم وان لم يبد كذلك •

والواقع أن كل ما يسبح فى السماء ليس بالضرورة نجما أو جرما ضعيف البريق مثـل ما يشتمل عليه درب اللبـانة أو السحب الماجلانية المتمثلة فى تكدس من النجـوم • فبعض ما نراه فى السماء ينتمى الى كائنات مختلفة تماما •

وعلى سبيل المثال ، فقد رصد عالم الفلك الهولنـدى كريستيان هيجنز (١٦٢٩ ــ ١٦٩٥) فى عام ١٦٩٤ شيئا سـاطعا غير واضح المعالم • ووصفه بأنه يبدو للعين المجردة كأنه النجم الأوسط من النجوم الثلاثة التى تشكل سيف الصياد العملاق فى الصـورة التى يتمثلهـا واسعو الخيال لبرج الجوزاء • أما من خلال التلسكوب فقد بدا هذا الشىء كمنطقة ضباب ساطع يحيط بنجوم نصف معتمة •

ولقد تبين فيما بعد صحة ما طرح وقتهـا من تصور لهذا الشىء • فقد كان سديما أو سحابة ضخمة من الغبار والغازات تضيؤها النجـوم المتلألئة التى تتخللها • وقد سميت « سـديم الجـوزاء » ويبلغ عرضها

حسبما هو معروف الآن تســـعة فراســـخ وتبعد عن الأرض مســـافة خمسمائة فرسخ · وبالمقاييس الأرضية يمكن وصفها بانها سحابة رقيقة صافية تتميز بنقاء لا يتوفر في أي فراغ يجهز معمليا · غير أن النجوم التى تتخلل السحابة تبدو معتمة نتيجة لما يتراكم في اتجاه النظر من جسيمات متناثرة على نطاق واسع ·

وثمة سحب براقة أخرى يتسم كثير منها بقدر كبير من الجمال سواء من حيث الشكل أو اللون · وهى ليست مقصورة فى المجـرة فحسب ، ففى منطقة السحب الماجلانية الكبرى يوجد « سديم العنكبوت » وهو أكبر كثيرا من سديم الجوزاء ·

وهناك كذلك أنواع معتمة من السديم · فقد لاحظ وليم هرتشل لدى دراسته درب اللبانة عن كثب أن ثمة مناطق خالية أو شبه خالية من النجوم · وقد قنع من الأمر بظاهره واعتبر أن تلك المناطق لاتحتوى نجوما وأن موقع الأرض بالنسبة لها لايتيح سوى رؤية مناطق خاليـــة كما لو كان المرء ينظر فى نفق ، ووصف تلك المناطق بأنهـا « ثقوب فى الســـماوات » ·

ومع مرور الوقت تزايد رصد مثـل تلك المناطق المعتمة حتى بلغ عددها ١٨٢ منطقة في عام ١٩١٩ · وسرعان ما بدا أن مثـل هذا العدد من الثقوب فى المجرة المزدحمة وكلها فى اتجاه الأرض أمر غـير منطقى ولابد له من تفسير آخر · وفى العقد الأخير من القرن الثامن عشر فسر كل من عالم الفلك الأمريكي ادوارد أمرســـون برنارد (١٨٥٧ ـ ١٩٢٣) والألمانى ماكسيميليان فولف (١٨٦٣ ـ ١٩٣٢) ، كل على حدة ، تلك المناطق بأنها مناطق سديم ولكنها ـ على عكس سديم الجوزاء وما شابهه ـ لا تضوى لأنهـا لا تحتوى على نجـوم ينعكس ضـــوؤها على ذرات الغبار والجسيمات ·

وما كانت مناطق السديم المعتم هذه لترى لولا أنهـا تقع على خط البصر مع النجوم الواقعة وراءها على مسافات سحيقة مما يؤدى الى تكون ظلال معتمة غير منتظمة والى حجب ضوء النجوم ·

ولم تكن تلك السدم ، ســـواء المعتمة التى لاتحتوى على نجـــوم أو الساطعة المشتملة على نجوم ، هى كل ما يمكن رؤيتـه من ســـدم فى السماء · فقد كانت هناك سدم لاتنتمى الى أي من الفئتين وتشكل ألغازا مستعصية على الفهم ، وأشهر تلك السدم وأكثرها بريقا ، بل والوحيد الذى يمكن رؤيته بالعين المجردة ، هو ذلك الذى رصده عدد من الفلكيين

العرب فى برج اندروميدا « المرأة المسلسلة » وهو يبدو « كنجم » ضعيف غير محدد المعالم وذى بريق من الدرجة الرابعة ٠

وكان أول من رصد ذلك السديم بالتلسكوب فى عـام ١٦١١ هو عالم الفلك الألمانى سـيمون ماريوس (١٥٧٣ ــ ١٦٢٤) ، لذا عادة ما ينسب اليه اكتشاف ما سمى فيما بعد « بسديم اندروميدا » ٠

أما عالم الفلك الفرنسى شارل ميسييه (١٧٣٠ ــ ١٨١٧) فقـد كان « صيادا » متعطشا للمذنبات وقد كانت آنذاك تشكل ظاهرة مؤقتة فهى تظهر ، وتغير موقعها بالنسبة للنجوم ثم لا تلبث أن تختفى ٠ وفى عام ١٧٨١ أصـدر ميسييه قائمة بأشياء مبهمة رصدها فى السـماء لاتنتمى الى فئة المذنبات ، ولكنها دائمة الوجود وفى موقع ثابت ٠ وقد قصد بذلك تبصرة غـيره من الباحثين عن المذنبـات خشية أن يصابوا بالاحباط نتيجة اعتقاد خاطىء بأن تلك الأشياء مذنبات ، وقد جاء سديم اندروميدا الحادى والثلاثين فى تلك القائمة ومن ثم يطلق عليه فى بعض الأحيان اسم « م ٣١ » ٠

ولقد كان سديم اندروميدا يبعث على الحيرة ، اذ لم يكن معتما ، بل كان ساطعا ٠ ولم يكن ثمة سبب لهذا الضوء حيث لم يكن يحتوى فيما يبدو على نجوم يعزى اليها البريق ٠ ولقـد كان من الأمور الغريبة آنذاك وجود سحابة من الغبار والغازات مضيئة بغير نجوم ٠

وتتضمن قائمة ميسييه أمثلة أخرى لرقع صـغيرة من الضباب المضىء بغير نجوم ٠ وقد أوضح علماء الفلك مثل هرتشل أن بعض تلك الرقع الساطعة ان هى الا نجوم والبعض الآخر تجمعات كثيفة مستديرة من النجـوم ٠ غـير أن عـددا محدودا مما ورد فى قائمـة ميسييه ظل بلا تفسـير ٠

ومن المسلم به أن مايمكن التوصل اليه من تفسير لسديم اندروميدا ينسحب على السدم الأخرى الأقل حجما وشأنا ، فالسؤال المطروح اذن ، ما هو سديم اندروميدا ؟

وقبل نهاية القرن الثامن عشر كان هناك تفسيران مختلفان تمام الاختلاف ٠

يقول التفسير الأول ان سديم اندروميدا ــ شأنه كشأن درب اللبانة أو السحب الماجلانية ــ يتكون من نجوم وليس غبارا لكن السبب فى عدم رؤيتها يعزى الى ضعف ضوئها ٠

وبمـا أن التلسـكوبات المتطورة آنذاك ، والتى أتاحت تحليـل الضباب فى درب اللبانة والسحب الماجلانية الى حشود ضخمة من النجوم الباهتة ، لم تمكن الفلكيين من رصد النجوم المزعومة فى سديم اندروميدا، فلا تفسير ـ لو صح الافتراض المتقدم ـ الا أن يكون ضوء تلك النجوم ضعيفا للغاية لاسيما وأنه حتى باستخدام أرقى ما وصـــل اليـه العلم الحديث من تلسكوبات ، ظل ذلك السديم ضبابا ٠

وفى اطار ذلك التفسير يفترض الرأى الأقرب الى المنطق أن سديم اندروميدا على درجة من البعد السحيق تتجاوز قدرة التلسكوبات على رصد نجومه ٠ فمثل تلك المسافات تجعل ضوء هذه النجوم يبدو أضعف كثيرا من تلك الكائنة فى الفلك الأقرب كدرب اللبانة والسحب الماجلانيه ٠ واذا كان سديم اندروميدا على هذا البعد ومع ذلك يرى بالعين المجـردة فلا مناص من انه سحابة ضخمة فائقة من النجوم ٠

كانت تلك وجهة نظر الفيلسوف الألمانى ايمانويل كانت (١٧٢٤ ـ ١٨٠٤) الذى أثار فى عام ١٧٥٥ فكرة وجود « جزر كونية » ٠ ولقد كان بديهيا ، بعد التوصل الى فهم المجرة ، افتراض أن تلك الجزر الكونية ما هى الا مجرات أخرى بعيدة ٠

ولقد كان كانت بهذا الفكر سابقا لعصره ، فما كان أحد من العلماء آنذاك ، وعلى مدى قرن ونصف بعد ذلك ، على استعداد لأن يذهب بفكره الى أبعد من مجرتنا وأن يتخيل وجود مجرات عديدة أخرى ٠ أما التفسير الثانى ، وقد كان أقل خيالا وبالتالى أقرب الى التصديق ، فيرجع الى عالم الفلك الفرنسى بيير سيمون دى لابلاس (١٧٤٩ ـ ١٨٢٧) وطرحه فى عـام ١٧٩٨ ٠ يقول ان النظـام الشمسى فى بدايته كان دوامة سـحب ضخمة من الغبار والغازات أخذت تتكثف ببطء ومع تطور العملية لفظت حلقات أصغر من الغبار والغازات تكونت منها الكواكب فيما بعــد ٠ ومع تكثف السحب ترتفع درجة حرارة جوفها بدرجـة تكفى لأن تضىء وتضفى البريق على كل مناطق الغبـــار والغـازات المكونة للكواكب ٠ ولما كانت المناطق الخارجية من السحب قد تحولت الى كواكب فقد تكونت الشمس من المنطقة الجوفية ٠

وكان كانت قد طرح تصورا مماثلا فى نفس الكتاب الذى تحدث فيه عن الجزر الكونية ٠ غير أن لابلاس كان أكثر تفصيلا وذهب الى انه يمكن اعتبار سديم اندروميدا مثالا لنظام كوكبى فى مرحلة التكون ٠ ويعنى ذلك الرأى أن سديم اندروميدا هو بالفعل سحابة غبار وغازات ،

لكن يكمن فى مركزها نجم فى مستهل بريقه ومن ثم مازال غير مرئى وان كان مصدر اضاءة السديم كله ٠

ولقد سميت نظرية لابلاس « بالافتراض السديمى » نظرا لاستخدامه سديم اندروميدا كمثال ٠

واذا كانت وجهة نظر لابلاس صحيحة ، فلا بد أن يكون سديم اندروميدا ـ بوصفه نظاما كوكبيا قائما بذاته ـ قريبا نسبيا ليظهر بما هو عليه من ضخامة وبالتالى فلابد أن يكون جزءا من المجرة ٠

وخلال القرن التاسع عشر ظلت نظرية لابلاس الرأى الوحيد المقبول بصفة عامة ٠ ونادرا ما كان أحد من علماء الفلك يؤيد وجهة نظر كانت « Kant » ٠

غير انه مع تطور التلسكوبات فى القرن التاسع عشر ، أخذ طابع التفرد الذى كان يحظى به سديم اندروميدا فى التضاؤل ، حيث ظهر عدد لابأس به من السدم المضيئة بلا أثر لنجوم ٠

وقد أبدى عالم الفلك الايرلندى الكونت وليم بارسونز (١٨٠٠ ـ ١٨٦٧) اهتماما خاصا بهذه السدم حتى انه صنع أكبر تلسكوب على مستوى العالم فى ذلك الحين لاستخدامه فى أبحاثه ٠ الا أن ذلك التلسكوب كان قليل الفائدة لأن الأحوال الجوية فى ولايته كانت بالغة السوء فكان يجد صعوبة كبيرة فى عمله ٠ ومع ذلك كانت الفرصة تواتيه بين وقت وآخر لدراسة السدم ٠ وقد لاحظ فى عام ١٨٤٥ أن عددا منها يتخذ شكلا حلزونيا متميزا كما لو كانت دوامات ضوئية بالغة الصغر تدور فى الفضاء المعتم ٠

وكان أكثرها لفتا للنظر ذلك السديم المعروف باسم « م ٥١ » وهو الذى يحتل الترتيب الحادى والخمسين فى قائمة ميسييه ٠ وسرعان ما سمي « بالسديم الدوامة » ٠ وبدأ علماء الفلك يتحدثون عن « السدم الحلزونية » بعد أن خرجت من دائرة الكائنات غير المألوفة فى السماء ٠

وقد اتخذت سدم أخرى شكلا بيضاويا دون أثر لوجود تفرعات حلزونية ولذا سميت « السدم البيضاوية » ٠ وكانت السدم الحلزونية والبيضاوية مختلفة اختلافا بينا عن سدم مثل ذلك الموجود فى برج الجوزاء وكان على هيئة شعيرات وذا شكل غير منتظم ٠

وكان التطور التكنولوجى قد أتاح فى النصف الثانى من القرن التاسع عشر التقاط صور لأجسام فى السماء حتى وان كانت باهتة ٠

كانت آلة التصوير تثبت فى التلسكوب المجهز بحيث يتحرك آليا لمعادلة تأثير دوران الأرض حول محورها وبذلك يمكن التقاط صـــور بمدة تعريض طويلة ٠

وفى التسعينات من القرن التاسع عشر تمكن أحد الهواة من سكان ويلز بانجلترا ويدعى اسحق روبرتس (١٨٢٩ ـ ١٩٠٤) من التقاط عدد كبير من الصور للسدم ٠ وقد اكتسى ذلك أهمية كبرى ، فبواسطة الكاميرا يمكن بشكل ملموس رصد وتسجيل التكوينـــات الدقيقة لهذه الكائنات ٠ولم يعد علماء الفلك يعولون كليا على حنكة المراقبين ـ التى لا تسلم أحيانا من الشك ـ وهم يجتهدون فى رسم ما يرونه ٠

وقد تمكن روبرتس فى عام ١٨٨٨ من أن يبين أن سديم اندروميدا حلزونى الشكل ٠ ولم يكن أحد قبله قد أشـــار الى ذلك لأن ســـديم اندروميدا كان يبدو أقرب للشكل الانسيابى قياسا بالسديم الدوامة « م ٥١ » ٠ فقد كان التكوين المماثل للشكل الحلزونى المميز فى «م ٥١» مائلا للعتامة فى سديم اندروميدا ٠

وأوضح روبرتس انه لو التقطت صور للسدم بصفة دورية على مدى سنوات لأمكن ملاحظة تغيرات طفيفة فى موقعها بالنسبة للنجوم المحيطة بما قد يستدل منه على أن السديم يدور بسرعة قابلة للقياس ٠ وذلك فى حد ذاته يبين بما لا يدع مجالا للشك أن السديم كائن ذو حجم محدود نسبيا ومن ثم فهو قريب نسبيا ٠ ولكن لو أن كائنـــات بضخامة وبعد الجزر الكونية ، وفقا لنظرية «كانت» ، تدور ، لاستغرقت دورتها الواحدة ملايين السنين ولما أمكن ـ على مدى فترة بحث معقولة ـ رصـد أى تغير ملموس ٠ وفى عام ١٨٩٩ أعلن روبرتس أن ما التقطه من صـور لسديم اندروميدا توضح فعلا تغيرات تبين حركته الدورانيـــة ٠٠ وكان ذلك يبدو صحيحا ٠

ومن ناحيـــة أخرى فقد امكن فى عام ١٨٩٩ ولأول مرة التقاط طيف سديم اندروميدا وتحليله ٠ واتضح انه يماثل الى حد كبير أطياف النجوم بصفة عامة ٠ أما سحب الغبار والغازات من قبيل سديم الجوزاء فكانت أطيافها مختلفة تماما حيث تتكون فى المعتاد من خطوط ساطعة منفصلة متميزة اللون ٠ وهذا يعنى أن سديم الجوزاء وما شابهه ذو ألوان رقيقة بينما سديم اندروميدا وأمثاله تتسم باللون الأبيض ومن ثم سميت فى بعض الأحيان بالسدم البيضاء ٠

وتتفق نتيجة التحليل الطيفى لسديم اندروميدا مع نظرية لابلاس وتتماشى مع المنطق بفرض أن السديم كان بالفعل نجما فى مرحـــلة

التكوين • وفي عام ١٩٠٩ أعلن عالم الفلك الانجليزي وليم هوجينز (١٨٢٤ ـ ١٩١٠) أن أبحاثه أثبتت أن سديم اندروميدا هو نظام كوكبي في مرحلة متقدمة من التطور •

ولا مجال للاختلاف في ذلك •

غير أن مشكلة طرأت قرب نهاية ذلك القرن واستعصت على الحل • الأمر اذن يتضمن جديدا أو نوفا حسبما اصطلح عليه •

اس اندروميدى

في العشرين من أغسطس عام ١٨٨٥ اكتشف عالم الفلك الألماني أرنست هارتويج (١٨٥١ ـ ١٩٢٣) نجما في المناطق المركزية لسديم اندروميدا • وكانت تلك المرة الأولى التي يرصد فيها نجم له علاقة بالسديم •

ومن الجائز أن يكون بعض العلماء قد ذهبوا في الأصل الى أن النظام الكوكبي النامي ـ المتمثل حسب اعتقادهم في سديم اندروميدا ـ قد بلغ أخيرا ذروته ، فلم تكن المنطقة المركزية للسديم متوهجة فحسب ، بل أصبحت مشتعلة وتحولت الى شمس مكتملة التكوين • ولو كان الأمر كذلك لظل النجم متوهجا ولأصبح وجوده دائما في السماء •• غير أن الواقع جاء مخالفا • فقد بدأ النجم يخبو ببطء وانتهى به الحال الى الاختفاء في مارس ١٨٨٦ • اذن ، فلقد كان ذلك نجما نوفا لايرقى اليه شك •• نوفا اندروميدا • ولقد عرف منذ ذلك الحين باسم « اس اندروميدى » ، وهو الاسم الذي سنستخدمه لذلك النجم •

ولكن كيف يتسنى وجود نجم نوفا في سديم اندروميدا ؟ أيمكن أن تحدث ظاهرة النوفا مع نجم منفرد في مرحلة النمو وقبل أن يكتمل تكونه ؟ واذا كان الأمر كذلك ، كيف يتسنى أن يبقى سديم اندروميدا على حاله بلا أدنى تغير مرئي بعد أفول النجم النوفا ؟

ومن ذا الذي كان بوسعه وقتها أن يقول ان ذلك النجم النوفا ينتمي في الواقع الى سديم اندروميدا ؟ ما كان ليقال في ذلك الحين الا انه ربما رصد على نفس خط الرؤية مع السديم ، ولما كان السديم مضيئا وعلى مسافة كبيرة خلف النجم النوفا فلابد وانه قد تأثر بظلاله •

ولكن سواء كان اس اندروميدى ينتمي للسديم أو لا فانه كان يفتقر الى خصائص النوفا • فلقد كان ضوؤه شديد الضعف قياسا بالنجوم

النوفا الأخرى رغم قلة ما كان قد رصد منها حتى ذلك الحين • فلم تتجاوز شدة ضوئه ٢ر٧ درجة حتى وهو فى أوجه ولذلك لم يكن يـرى بالعين المجردة • لم يكن اذن بذلك النجم الذى ما أن يراه أحد لدى خروجه من منزله فيقف محملقا مشدوها ومتمتما « يا الهى !! أنجم جديد !! شىء لا يصدقه عقل » على نحو ما فعل تيكو قبل ثلاثة قرون من ذلك التاريخ •

وقليل من تمكنوا من رصـــد اس اندروميدى بأجهزتهم • بـل ربما ما لاحظـوه لولا أنه سـطع فى منطقة ضباب لا معالم لها فى قلب سديم اندروميدا حيث لم ير أحد قبل ذلك أثرا ولو ضعيفا لأى نجم •

وقد التقطت صور لسديم اندروميدا وكشفت عن وجود نوفا ساطع بداخله غير أنه لم يتوصل أحد الى التقاط طيف له ، فلم يكن من السهل فى ذلك الحين التقاط طيف لاجرام باهتة • ولا شك أن اس اندروميدى ببزوغه السريع ثم أفوله البطىء يمثل ظاهرة نوفا بعينها ، ولكن يبقى سؤال •• لماذا كان على هذه الدرجة من الضعف ؟

وربما بدا ذلك السؤال ثانويا ، فمن النجوم النوفا ما كان شديد البريق فى ذروته مثل ذلك الذى رصده تيكو ومنهـــا ما كان يخطئه الفلكيون لشدة ضعفه مثل نوفا هند الذى رصد فى عام ١٨٤٨ ولم يتجاوز بريقه الدرجة الرابعة • فحالات النوفا اذن كانت متفاوتة البريق بشكل كبير ، وما نوفا اندروميدى الا أحد هذه النوفات ولكنه أقلهم قدرة على جذب الانتباه •

ولما كانت أسباب تكون النجوم النوفا وطبيعتها غير معروفة بعد ، كان من المقبول القول بأن مسألة تحول نجم الى نوفا انما ترتهن بدرجـة بريق ذلك النجم • فلو كان النجم شديد الاضاءة كان توهجه عند التحول الى نوفا خلابا ، ولو كان متوسط الاضاءة لقلت درجة توهجه ، أما لو كان شديد الضعف فربما لا ترصده العين المجردة حتى وهو فى أوجه •

وهكذا انتهى أمر اس اندروميدى •• ظهر ، ثم اختفى ثم توارى فى عالم النسيان •

وظل الأمر على حاله حتى عام ١٩٠١ • فى هذا العـــام ظهر نوفا فرساوى ، وسطع لفترة قصيرة بشـــدة بريق من الدرجـة الصفرية • وبدراسة ما بدا من اشعاع الضوء فى حلقة الغبار المحيطة به تمكن علماء الفلك من حساب بعد ذلك النوفا • فقد قاسوا السرعة المرئية لانتشار ضوء النجم • وبمقارنتها بالسرعة الحقيقية المعروفة لم يكن من العســير

حساب البعد الذى يفترض أن يكون عليه ذلك النجم من الأرض • ووفقا لذلك الحساب فان نوفا فرساوى يقع على بعد ٣٠ فرسخا من الأرض •

وتلك مسافة لاتعتبر جد بعيدة بالنسبة لنجم ، فاذا كان ثمة آلاف من النجوم على مسافة أقرب الى الأرض فهناك بلايين على مسافات أبعد • ولذلك فقد تبادر الى الأذهان أن السبب الوحيد لبريق نوفا فرساوى بهذه الدرجة انما يعزى الى قربه من الأرض •

ولعلنا نتساءل الآن هل كل النجوم النوفا تتساوى بدرجة أو أخرى فى مستوى بريقها ـ أى لها نفس القيمة المطلقة لشدة الاضاءة ـ ولكنها تتفاوت فى درجة بريقها المرئى بسبب تباين بعدها عن الأرض ؟

وعلى سبيل المثال ، لو افترضنا أن السبب الوحيد لعدم تجاوز بريق النوفا اس اندروميدى درجة ٧ر٢ يعزى الى انه أبعد عن الأرض من نوفا فرساوى ، فهذا يعنى انه لو كان النجمان على نفس الدرجة من التوهج فى ذروتيهما فلابد أن يكون اس اندروميدى على بعد ٥٠٠ فرسخ ليكون بريقه المرئى على هذه الدرجة من الضعف •

وذاك يعنى أيضا أن سديم اندروميدا يقع على بعد ٥٠٠ فرسخ بفرض أن اس اندروميدى ينتمى اليه • بل لو أن النوفا يقع فى مقدمة السديم فان بعد سديم اندروميدا عن الأرض سيزيد على ٥٠٠ فرسخ وربما زاد كثيرا على ذلك الرقم •

وحتى لو لم يزد بعد سديم اندروميدا على ٥٠٠ فرسخ فلا يمكن أن يكون بذلك مجرد نظام كوكبى واحد فى مرحلة التكون • فما من نظام كوكبى منفرد يظهر بمثل ذلك الحجم وهو على هذه المسافة •

وقد رفض علماء الفلك ذلك التحليل الذى يقوم أساسا على افتراض أن نوفا فرساوى واس اندروميدى لهما فى ذروتيهما نفس شدة الاضاءة ، وكان الأقرب الى القبول أن يقال انهما فى ذروتيهما على درجة مختلفة من شدة الاضاءة وأن ضعف بريق اس اندروميدى قياسا بنوفا فرساوى ليس ضعفا ظاهريا وانما هو ضعيف بالفعل ، وعلى ذلك فمن الجائز أن يكون اس اندروميدى وبالتالى سديم اندروميدا على مسافة تقل كثيرا عن ٥٠٠ فرسخ •

وفى هذه الحالة يمكن المضى فى الاتجاه القائل بأن سديم اندروميدا هو نظام كوكبى تحت التشكيل •

غير أن عالم الفلك الأمريكي هيبر دوســـت كورتيس (١٨٧٢ ـ ١٩٤٢) لم يتقبل ذلك المخرج المستسهل • ولنفترض أن اس اندروميدى كان على مسافة كبيرة من الأرض وأن سديم اندروميدا يقع على بعد يفوق ما طرح آنفا من تقديرات ، بل يربو كثيرا على تلك الأرقام •• أليس من الجائز أن يكون سديم اندروميدا على درجة من البعد بحيث يصح ما طرحه كانت قبل قرن ونصف من أن ذلك السديم ان هو الا جزيرة كونيـة ـ أو بمعنى آخر مجرة مستقلة من النجوم على بعد كبير خارج مجرتنا ؟ •

لو صح ذلك ، فانه يعنى أن سديم اندروميدا يشتمل بالتأكيد على أعداد غفيرة جدا جدا من النجوم ذات البريق الضعيف جدا جدا • ومن الوارد أيضا فى هذه الحالة حدوث ظواهر نوفا من وقت لآخر بين تلك النجوم • واذا لم تكن قدرة التلسكوبات فى ذلك الحين تتيح اكتشاف النجوم بمراحلها المختلفة فى سديم اندروميدا ، فقد كان من السهل أن يرصد بالتلسكوب أى نجم يشتد بريقه خلال مرحلة النوفا مثلما حدث مع اس اندروميدى •

ولقد تمكن كورتيس ، اعتبارا من ١٩١٧ ، من اكتشاف نجوم نوفا أخرى فى سديم أندروميدا ، بل وعشرات منها • ولم يكن ثمـة مجال للشك فى انها نجوم نوفا ، فلقـد كانت تظهـر ثم تختفى لتظهر غيرها وتختفى وهكذا •

وقد تميز ذلك الحشـــد من النجـوم النوفا بسمتين مهمتين •• الأولى تتمثل فى كونه حشدا ، فلم يكن مألوفا أن يظهر مثل هذا العدد الكبير من النوفا فى بقعة واحدة فى أى جزء آخر من السماء •

وذلك يعنى انه ما كان لمثل ذلك العدد من النجوم النوفا أن يظهر فى هذا الاتجـاه من السـماء دون أن يكون له علاقة بسديم تصـادف انه يقع خلفها • لو كان الأمر كذلك لبرز سؤال ، لماذا تظهر مثل تلك الاعداد فى اتجاه واحد بعينه ؟ ان القول بأن وقوع تجمع واحـد لنجوم نوفا فى نفس الاتجاه مع سديم أندروميدا ، دون وجود علاقة ملموسـة بينهما ، انما يعزى الى الصدفة هو قول يتجاوز المنطق • ومن هذا المنطلق شعر كورتيس بأنه على صواب اذ يفترض أن هذه النجوم النوفا تقع فى اطار السديم •

ولكن لماذا هذا العدد الكبير من النوفا ؟ ولم لا •• فاذا كان سديم اندروميدا جزيرة كونية ومجرة مستقلة فلم لاتشتمل على عدد من النجوم

يضارع ما هو كائن فى مجرتنا • وبالتـــالى فمن الوارد أن تحدث ف
اطارها اعداد من ظواهر النوفا بقدر ما تشهده مجرتنا التى تملأ بقيـ
السماء حتى وان كانت تلك النوفات تبدو لنا مجرد بقع ضوئية صغيرة

وفى الواقع ، فالأرجح أن يربو عدد النوفا فى سديم اندروميدا عل
ذلك الذى ينتمى لمجرتنا فقد لاحظ كورتيس وجود بقع معتمة حول حدو
سديم أندروميدا • ولو صح أن ذلك السديم هو مجرة ، فمن المحتمل
أن تكون تلك البقـــع امتدادات شاسعة من الســـدم المعتمة ومن سـحب
الغازات والغبار التى تحجب ما وراءها من نجوم •

واعـــل مجرتنا تشهد نفس الظاهرة ، اذ علاوة على البقع المعتمـة
الصغيرة فى درب اللبانة ، ربما كانت هناك رقع مظلمة أكبر كثيرا ولكنها
مجهولة (وقد تبين فيما بعد صحة ذلك الاحتمال) ، وتحجب عنا تماما
عديدا من المناطق النجمية العريضة فى مجرتنا • ومن بين هذه الحشود
الهائلة من النجوم المختفية (والتى قد يربـو عددها كثيرا عما نـراه)
ألا نتوقع حـدوث الكثير من ظواهر النوفا سنويا ولكن تحجبها سـحب
الغبار ؟• اما فيما يخص سديم اندروميدا فربما أتاح موقعنـا الجانبى
أن نرى الى أبعد من سحب الغبار فيتكشف لنا معظم نجومه النوفا •

وأيا كان الأمر ، فالواقع أن عدد النوفا المرئية فى سديم أندروميدا
يزيد على ما يرى فى بقية السماء •

أما السمة الثانية المميزة لظواهر النـــوفا فى ذلك السديم فهى
ضعف بريقها المتناهى • فلقد كانت ترى بصعوبة بالغة حتى وهى فى
أوجها ومهما بلغ من قوة التلسكوب المستخدم •

واذا كانت النوفات فى سديم اندروميدا تماثل تلك المعروفة فى
مجرتنا ــ مثل نوفا فرساوى ــ فلابد بالقياس أن تظهر بمثل هذا الضعف
المتناهى لبعدها الشاسع عن الأرض • وذلك التحليل يتفق مع القول بأن
سديم اندروميدا هو مجرة مستقلة •

وقد بلغ من اقتناع كورتيس بذلك المنطق انه أصبح يتصدر علماء
الفلك المدافعين عن فكرة وجود الجزر الكونية •

غير أن طريقه لم يكن ممهدا سهلا • فقد ظل تقبل أفكاره صـعبا
لاسيما بعد أن ظهرت فيما يبدو دلائل تفيـد بأن سـبديم اندروميدا
هو جرم قريب من الأرض • كان عالم الفلك الأمريكى الهولندى الأصـل
أدريان فان مانن (١٨٨٤ ـ ١٩٤٦) قد اهتم بصـفة خاصـة بقيـاس
التحركات الدقيقة للاجرام السماوية بما فيها عدد من السدم الحلزونية •

وقد جاءت أبحاث فان مانن متفقة مع ما لا حظه روبرتس من قبل من أن سديم اندروميدا يدور بمعدل يمكن قياسه • وأشار فان مانن الى أن سديم اندروميدا لم يكن الوحيد فى ذلك ، فثمة سدم حلزونيـــة أخرى تدور بمعدلات قابلة للقياس •

ولقد ثبت الآن أن نتائج فان مانن كانت خاطئـــة لعدة أسباب • فقد كانت التغيرات التى يقيسها فى مواقع الاجرام السماوية تأتى بالكاد فى الحدود القصوى لقدرة أجهزته حيث يقل مستوى الدقة نسبيا ومن ثم تأثرت قراءاته ســواء بسبب أى خطـــأ طفيف فى تلك الأجهـزة أو بسبب يقينه الراسخ بوجوب وجود معدل ملموس للدوران •

ولما كان فان مانن يتمتع بصفة عامة بسمعة ممتازة ، هو جدير بها ، فقد مال الناس الى تصديقـه ، وما دام سديم أندروميدا يتحرك بشكل ملموس ، فلابد وأن يكون قريبا ، بغض النظر عن الدراســـات غير اليقينية التى تفيد بوجود حشود غير مرئية من النجوم النوفا •

وكان عالم الفلك الأمريكى هارلو شيبلى (١٨٨٥ ـ ١٩٧٢) أحد المشتركين فى ذلك الجدل العلمى • وكان قد لجأ الى طريقـــة جديدة لقياس المسافات ، استحدثهـــا عام ١٩١٢ فلكى أمريكى آخــر يدعى هنريتيا سوان لافيت (١٨٦٨ ـ ١٩٢١) وتستخدم هذه الطريقـــة النجوم المتغيرة المعروفة باسم « المتغيرات القيفاوية » • وقد أثبت شيبلى بهذه الطريقة أن المركز الفعلى لمجرتنا يبعد كثيرا عن النظام الشمسى وأن الأرض تقع على الحدود الخارجية للمجرة • ويعد شيبلى أول من حدد ما يعتقد الآن بأنه الحجم الحقيقى للمجرة ، حيث لم تأت تقديراته خاطئة كتقـديرات سابقيه ، وان بدت فى أول الأمر مبـــالغا فيها الى حـد ما ، كما يعد أول من حدد بعد السحب الماجلانية •

ولعله يبدو ، بعدما انتقل شيبلى بالمسافات فى اطار المجرة وبالتالى خارجها الى آفاق جديدة غير مسبوقة ، أن لديه استعدادا لتخيل وجود أشياء أكثر بعدا عن الأرض ، ولكن ما كان منه الا أن تقبل نتائج فان مانن وقد كان صديقـــا حميما له بل أصبح المدافع الأول عن نظـرية الكون المحدودة ، ذلك الكون الذى يقتصر فى نظره على المجـــرة والســـحب الماجلانية ، أما السدم البيضاء المختلفة فما هى الا توابع لتلك الاكوان •

وفى السادس والعشرين من ابريل ١٩٢٠ جـرت مناظـرة علنية واسعة النطاق بين كورتيس وشيبلى شهدها جمع غفير فى الاكاديميـــة الوطنية للعلوم • ورغم أن شيبلى كان أكثر شهرة ويمثل وجهـــة نظر الغالبية من علماء الفلك ، فان كورتيس جـــذب الأنظار بشـدة حيث

شكل ما رصـــده من نجـــوم نوفا باعدادها وضعف نورها أدلة قوية عززت نظريتـــه ٠

واذا كانت المناظرة قد انتهت فى الواقع بما يمكن وصفه بتشبث كل منهما برأيه ، فان ما سجله كورتيس من تفوق تجاوز التوقع وشكل نصرا معنويا مبهرا ٠ وأفضى ذلك الى تولد رأى متنام (لا سيما فى ظل ما بدا من تأخر فى ادراك طبيعة ما يجرى فى الكون) مؤداه أن الغلبة فى المناظرة كانت من نصيب كورتيس ٠

ولم تسفر المناظرة عن آراء حاسمة الا انها حولت نظر العديد من علماء الفلك نحو نظرية الجزر الكونية ٠ وأصبح الأمر يحتاج الى دليل جديد ـ سواء فى هذا الاتجاه أو ذاك ـ المهم أن يكون دليلا قويا دامغا ٠

وقد أتى بهـذا الدليـل عالم الفلك الأمريكى ادوين باول هوبل (١٨٨٩ ـ ١٩٥٣) ٠ كان باول قد حـاز تلسكوبا جديدا عملاقا يبلغ قطر عدسته مائة بوصة وله مدى رؤية يفوق أى تلسكوب فى العالم فى ذلك الحين ، وبدأ فى استخدامه عام ١٩١٩ ٠ وفى عام ١٩٢٢ بدأ هوبل فى التقاط صور ذات زمن تعريض طويل لسديم اندروميــدا وما يماثله من اكوان ٠

وفى الخامس من اكتوبر ١٩٢٣ اكتشف هوبل فى احدى صـوره وجود نجم على الحدود الخارجية لسديم اندروميدا ٠ وبمراقبة ذلك النجم يوما بيوم تبين انه ليس نوفا ولكن ينتمى لفئة المتغيرات القيفاوية ٠ ومع نهاية عام ١٩٢٤ كان هوبل قد اكتشف فى ذلك السديم ٣٦ نجمـــا متغيرا شديدة الضعف منها اثنا عشر من المتغيرات القيفاوية ٠ كما اكتشف ثلاثة وستين نجما نوفا فى سديم أندروميدا على درجة كبيرة من الشبه بالنجوم التى رصدها كورتيس سابقا ٠

فهل يعقل أن تكون كل هذه النجوم مستقلة عن سديم اندروميدا وتقع بالمصادفة فى نفس الاتجـاه ؟ كلا ٠٠ ومثلما فعـــل كورتيس ، رأى هوبل انه من غير المنطقى أن يعزى الى الصدفة وحدها وجود مثل هذا العدد من المتغيرات القيفاوية شديدة الضعف والمنتشرة على امتداد خط النظر مع سديم اندروميدا ، ولا يوجد فى نفس الوقت عدد مماثل فى أى منطقة أخرى مماثلة من السماء ٠

وشعر هوبل انه رصد النجوم المكونة لسديم اندروميدا وهو انجاز لم يسبقه اليه أحد من علماء الفلك ٠ ويعزى ذلك الانجاز الى التلسكوب الفائق القدرة الذى استخدمه ٠

ولم يعد ثمة مجال للمكابرة • فما ان تبين أن مكونات سديم اندروميدا من النجوم (وان كان مارصد منها هو القليل الأكثر اضاءة ولكن ذلك كان كافيا) حتى وئدت الى الأبد النظرية القائلة بان السديم كون قريب وانه نظام كوكبى فى سبيله الى التكون •

وذهب هوبل الى أبعد من ذلك ، فما أن اكتشف وجود نجوم قيفاوية فى سديم اندروميدا حتى استخدم طريقة شيبلى لحساب مسافتها• وأظهرت حساباته أن السديم يبعد مائتين وثلاثين ألف فرسخ أى خمسة أمثال بعد السحب الماجلانية • أى أن سديم اندروميدا بعيد تماما عن مجرتنا ، ومن الواضح أيضا أن له كل مقومات المجرة •

وعقب ذلك الاكتشاف سميت مختلف السدم البيضاء « بسدم ما بعد المجرة » • غير أن لفظ سديم سرعان ما سقط اذ أصبح فى غير موضعه وباتت هذه الاكوان تسمى مجرات وصار سديم اندروميدا يعرف « بمجرة اندروميدا » واستمر ذلك الاسم الى يومنا هذا • وقياسا بذلك تحول اسم السديم الدوامة الى « المجرة الدوامة » وهلم جرا •

واذ أثبت هوبل فى عام ١٩٣٥ خطأ نتائج فان مانن المتعلقة بدوران مختلف المجرات بمعدلات قابلة للقياس ، يكون بذلك قد دق المسمار الأخير فى نعش نظرية الكون المحدود •

أما السدم البيضاء الأخرى التى تبدو أقل حجما وبريقا من اندروميدا فكلها مجرات تقع أبعد من اندروميدا ، بل أبعد كثيرا ، لقد بات الآن واضحا أن الكون يعتبر تجمعا هائلا من المجرات وليس درب اللبانة الا واحدة منها •

وفى الواقع ، فلقد جاء تقدير هوبل لبعد مجرة اندروميدا (وبالتالى كل المجرات الأكثر بعدا) أقل من الحقيقة • ففى عام ١٩٤٢ أثبت عالم الفلك الأمريكى الألمانى الأصل والتر بادى (١٨٩٣ – ١٩٦٠) أن هناك نوعين من المتغيرات القيفاوية ولابد من استخدامهما بطريقتين مختلفتين لحساب المسافات الكونية ، وقد تصادف أن جاء صحيحا النوع الذى استخدمه شيبلى فى تحديد حجم مجرتنا ومسافة السحب الماجلانية•

غير أن ذلك النوع لم يكن يلائم حساب بعد مجرة اندروميدا ــ ولم يكن النوع الآخر قد عرف بعد ــ ومن ثم جاءت تقديراته خاطئة • وبتصحيحها تبين أن مجرة اندروميدا تبعد عن الأرض مسافة سبعمائة ألف فرسخ أى ١٤ مثل بعد السحب الماجلانية •

المتجددات العظمى (سوبر نوفا)

ان كل حل يثير مجموعة جديدة من الألغاز • فما أن اقتنع العلماء بأن هالة الضباب فى اندروميدا ان هى الا مجرة تقع على بعد سحيق ، أصبح لا مفر من اعادة النظر فى النجم النوفا اس اندروميدى الذى لم يستلفت الانتباه كثيرا لدى اكتشافه فى ١٨٨٥ •

لقد قلنا آنفا لو أن اس اندروميدى له نفس بريق نوفا فرساوى فلابد أن يكون على مسافة ٥٠٠ فرسخ من الأرض ، وفى هذه الحالة لن تزيد شدة اضاءته فى ذروتها عن الدرجة السابعة • ولكن ماذا سيكون من أمره لو انه على بعد يماثل بعد مجرة اندروميدا حسبما هو معروف الآن ؟

لو ان مجرة اندروميدا تقع على بعد ٢٣٠ ألف فرسخ حسب تقدير هوبل فى البداية ، لكانت شدة اضاءة اس اندروميدى نحو مائتى ألف مثل بريق نوفا فرساوى حتى يقدر ضوؤه من هذا البعد بالدرجة السابقة • اما بعدما عرف اليوم من أن المجرة تبعد ٧٠٠ ألف فرسخ فترتفع هذه النسبة الى مليونى مثل شدة اضاءة نوفا فرساوى فى ذروته ونحو ٢٠ بليون (مليار) مثل شدة اضاءة شمسنا •

وعلى مبلغ علمنا اليوم ، فان كتلة مجرة اندروميدا تقدر بضعف كتلة مجرتنا ، أو تعادل كتلة مائتى بليون نجم مثل شمسنا • وربما بلغت شدة اضاءة المجرة ككل مقدار ما يشعه مائة بليون نجم مثل شمسنا (مع افتراض أن معظم نجوم المجرة تقل كثيرا فى بريقها عن الشمس) • واذا كانت شدة اضاءة اس اندروميدى فى ذروته تعادل ٢٠ بليون مثل بريق الشمس ، فهو يشع اذن ١/٥ مما تشعه المجرة كلها من ضوء •

ولو أن الأمر كذلك فليس منطقيا أن نعتبر اس اندروميدى مجرد نوفا آخر • فان مقدار ما يشعه من ضوء يتجاوز مليون مثل بريق أى نوفا عادية بل ربما مليوني مثل •

ولقد أثارت هذه الأرقام تحفظ معظم علماء الفلك • بل ان من المعارضين المتشددين لنظرية الكون الفسيح من دفع بأن مجرة اندروميدا لا يمكن أن تكون مجرة بعيدة والا كان اس اندروميدا ساطعا بدرجة يستحيل تقبلها •

أما من هم أقل تشددا فقد تمثل موقفهم فى أن النجوم النوفا بالغة الضعف التى رصدها كورتيس وهوبل تنتمى بالفعل لمجرة اندروميدا ولكن اس اندروميدى ليس منهم ، فقد قالوا انه يقع على بعد يقل كثيرا عن جزء من ألف من بعد المجرة ، أى انه يبعد مسافة الخمسمائة فرسخ المحسوبة من قبل وذلك يبرر بريقه بدرجة تفوق كثيرا النجوم

نوفا الأخرى فى اندروميدا ۰ كل ما هنالك انه يقع فى اتجاه المجرة ۰ ليس من الشطط أن يعزى الى الصدفة وجود نجـــم واحـد على هذه درجة من البريق ۰

غير أن هوبل رفض تماما ذلك الرأى وأصر بشدة على موقفه بان س اندروميدى انما ينتمى لمجرة اندروميدا وانه نوفا على درجة فائقة ن البريق ۰

كيف لنا اذن أن نعرف الحقيقة ؟

فى اطار السعى لمعرفة الحقيقة وحـــل ذلك اللغز فكر عالم الفلك السويسرى فريتز زويكى (١٨٩٨ ـ ١٩٧٤) على النحو التالى : نفرض أن اس اندروميدى يشع بالفعل قدرا فائقا من الضوء ۰ ولما كانت الحياة قد علمت الانســـان أن خـروج الظواهر المألوفة عن سنتها يعد مسالة نادرة ، وكلما شـــذ الحدث وبعد عن ناموسه ازداد ندرة ۰ فلابد اذن أن تكون ظاهرة اس اندروميدا جد نادرة ۰ ومن ثم فان البحث فى مجرة اندروميدا عن نوفا آخر من قبيل اس اندروميدى يعد اهدارا للوقت ۰ ولكن بالنظر الى عدد المجرات التى تم اكتشافها ، فليس من النادر اطلاقا وجود نجوم نوفا تتسم آحاد منها ببريق فائق ۰ ومن ناحية أخرى فاذا كان مثل ذلك النوفا يسطع بقدر ما لكل المجرة التى ينتمى اليها من بريق ، فليست ثمة صعوبة فى رصده ۰ وعلى ذلك ، فان أى مجرة ، مهما كانت بعيدة ولكن مرصودة ، تحتوى على نوفا من قبيل اس اندروميـــدى ، يمكن بالتالى رصد ذلك النوفا ۰

وفى الواقع فمنذ أن اكتشف اس اندروميدى تم رصـــد ٢١ نوفا سواء داخل ما كان يسمى بالمجرات أو على مقربة منها ۰ وكان ضوء تلك النجوم النوفا فى العادة ضعيفا بدرجة تحول دون رصدها بالعين المجردة (وهى سمة النجوم النوفا الواقعة فى مجرات بعيدة) وبالتالى لم تحظ بالقدر الكافى من الدراسة ۰ وقد بدا لزويكى أن تلك النجوم النوفا هى ضالته المنشـــودة ۰

وفى عام ١٩٣٤ ـ أى قبل خمسين سنة فقط من تاليف هذا الكتاب ـ شرع زويكى فى اجراء مسح للسماء بحثا عما أسماه المتجددات العظمى أو « سوبر نوفا » وهو أول من اســـتخدم ذلك الاصطلاح ۰ وقد ركز عدساته على تجمع ضخم للمجرات فى برج العذراء ۰ وبحلول ١٩٣٨ كان قد رصد ما لا يقل عن ١٢ سوبر نوفا فى تلك المجرات ۰ وكل واحد من هذه السوبر نوفا كان فى ذروته يسطع بدرجة تعادل بريق المجرة ككل ، وكانت أيضا شدة اضاءته تعادل البلايين من مثل نور شمسنا ۰

فهل يمكن للاثنى عشر سوبر نوفا كلهـا أن تكون من قبيل خداع

النظر ؟ هل يمكن أن تكون مجرد نجوم نوفا قريبة نسبيا وتقع كلهـا بالصدفة في اتجاه واحدة أو أخرى من مجرات برج العذراء ؟ ان مثل تلك الصدفة الخارقة لا تتفق بالمرة لا مع المنطق ولا مع الحسـابات • ومن هذا المنطلق بدأ علماء الفلك يقتنعون بأن تلك النجوم النوفا تقع بالفعل داخل المجرات التى تبدو تحيط بها وكأنها سوبر نوفا •

وسرعان ما اكتشف زويكى وغيره مزيدا من السوبر نوفا فى الأعوام التالية • ويبلغ عدد ما رصد منهـا حتى الآن نحو ٤٠٠ فى مختلف المجـرات •

وبحصر اعداد السوبر نـوفا التى اكتشفت ، استخلصت بعض النتائج المنطقية التى تفيد بان ظاهرة النجم السوبر نوفا تتكرر فى المتوسط كل خمسين سنة فى المجرة الواحدة • أى أن نجما سوبر نوفا واحـدا يتولد كل ١٢٥٠ حالة نجم نوفا •

أما الآن فتفيد التقديرات بانه على مدى ثلاثمائة مليون فرسـخ ثمة مائة مليون مجرة تغطيها التلسكوبات ، ومن ثم صار بالامكان رصد أى نجم سوبر نوفا بمجرد ظهوره • ولو أن كل مجـرة شهدت مولد سوبر نوفا مرة كل خمسين سنة لصار المعدل العام فى كل المجـرات المرئية انفجار سوبر نوفا كل ١٥ ثانية !

ومما يبعث على الأسف انه ليس بوسعنا رصـد كل هذه السوبر نوفا • فمنها ما تحجبه سحب الغبار الضخمة فى كل مجـرة ، ومنها ما يتعرض للخسوف نتيجة تراكم نجوم أخرى أقل اضاءة على خط النظر أمامها ، ومنها أيضا ما يمضى دون ملاحظتها فليس هناك بالطبع العدد الكافى من علماء الفلك كى يراقبوا عن كثب المائة مليون مجرة المعروفة •

وعلى أية حال فقد تم رصد ٤٠٠ سوبر نوفا فى المجرات الأخرى على مدى الخمسين سنة الماضية ، أى بمعدل سوبر نوفا كل ستة أسابيع ونصف فى المتوسط •

ومن الواضح أن النجوم السوبر نوفا تمثل أجساما تفوق الخيال وتتسم بطابع انفجارى صـاعق • وبهذا المقياس ، لو أن شـمسنا سوبر نوفا لشهدت لحظة وصولها الى ذروتهـا تبخر كل الكواكب فى النظام الشمسى •

أما رجل الجبار ، الذى لا يتجاوز بعده عن الأرض ١ر٣ فرسخا ، فلو أنه كان سوبر نوفا لأضاء سماءنا ليلا ونهارا بنور يعادل فى ذروته ١٥٥٠٠ مثل نور القمر أو حوالى جزء من ثلاثين من نور الشمس •

ولنا أن نقدر مدى شغف علماء الفلك لدراسة أدق التفاصيل لشىء من قبيل السوبر نوفا وان كان اضطرارهم لدراسة نجـوم فى مجرات أخرى تبعد سبعمائة ألف فرسخ أو يزيد ليبعث على الاحباط •

وبينما لايتمنى أى عاقل أن يحدث انفجار سوبر نوفا على مسافة ريبة ، فليس من الشطط التفكير فى وجود سوبر نوفا فى سبيله الى الانفجار فى اطار مجرتنا أى على بعد مسافة سبعمائة فرسخ بدلا من سبعمائة ألف أو يزيد •

واذ تتكرر الانفجارات السوبر نوفا فى مجرات بعينها بمعدل انفجار كل خمسين سنة أو نحو ذلك ، فبالتأكيد شهدت مجرة درب اللبانة عددا منها فى الماضى •

وهذا صحيح • فبالرجوع الى الماضى بنظرة من يريد الالمام بما فاته من وقائع ، يبدو واضحا أن مجرة درب اللبانة شهدت بلا شك أربعة انفجارات سوبر نوفا على الأقل على مدى ألف السنة المنصرمة •

السوبر نوفا الأول هو ذلك النوفا الذى وقع فى برج لوبوس سنة ١٠٠٦ وكان بريقه يعادل عشر بريق البدر • وربما كان أسطع النجوم النوفا فى السماء على مدى عمر الانسان على الأرض • أما الثانى فهو النوفا الذى ظهر فى قنطورس عام ١٠٥٤ ، ثم ذلك الذى رصده تيكو فى ١٥٧٢ والذى رصده كبلر سنة ١٦٠٤ •

ولكن هل ثمة أربعة فقط ؟ بالقياس الى معدل التكرار بواقع مرة كل خمسين سنة تكون مجرتنا قد شهدت مالا يقل عن عشرين سوبر نوفا •

وثمة مشكلة تكمن فى انه ليس بوسعنا حتى الآن رؤية مجرتنا بأكملها ، فنحن لانرى سوى ذلك الجزء الأقرب الينا • ولعلنا نقدر أن يقتصر معدل تكرار هذه الظاهرة فى ذلك الجزء المرئى على مرة واحدة كل ٢٥٠ سنة • وعلى سبيل المثال ، ثمة دلالات ، سنعاود تناولها فيما بعد ، تفيد بأن انفجارا سوبر نوفا وقع عام ١٦٧٠ غير انه لم يرد فى التاريخ أن أحدا قد رصده • فلابد اذن أن تكون سحب الغبار قد حجبت ضوءه •

وثمة نقطة ضعف أخرى •• فاذا كان عدد ما رصد فى سمائنا من السوبر نوفا التى شهدتها مجرة درب اللبانة على مدى الألف سنة الماضية هو أربعة فقط •• فاى شىء يبرر حدوث السوبر نوفا الرابع والأخير فى عام ١٦٠٤ ؟ علما بأن الانسان اخترع التلسكوب بعد خمس سنوات من هذا التاريخ !

أما أقرب سوبر نوفا رصد منذ عام ١٦٠٤ فقد كان اس اندروميدى الذى يبعد عن الأرض سبعمائة ألف فرسخ • لقد رصد بالتلسكوب والتقطت له الصور ولكن لم تتم دراسة طيفه • ثم وعلى مدى قرن بعد اكتشاف اس اندروميدى لم ير أحد سوبر نوفا أقرب منه •

وذلك أمر سيىء للغاية !

متقزمات أكثر تقزما

صديم السرطان

لما كان السوبر نوفا انفجارا مروعا فمن غير المعقول الا يترك أثرا • فلابد لنجم سطع لفترة وجيزة بدرجة تعادل ضوء مجرة كاملة من النجوم أن يخلف رمادا •• وهذه هى الحقيقة فعلا •

وبما أن السوبر نوفا لم يكتشف وجوده سوى فى الثلاثينات من القرن العشرين ، فلا شك أن التعرف على طبيعة ذلك الرماد لم يتم بين يوم وليلة ، ولعله قد تم فيما مضى رصد رماد من هذا القبيل دون معرفة حقيقته •

ويجدر فى هذا السياق الاشارة الى أن عالم الفلك الانجليزى جون بيفيس (١٦٩٣ ـ ١٧٧١) كان أول من رصد فى عام ١٧٣١ هالة صغيرة غامضة فى برج الثور تبدو كالزغب •

وقد لاحظ أيضا ميسييه ، صائد المذنبات ، وجود تلك الهالة وأدرجها ضمن قائمة الأشياء الغريبة التى نبه أقرانه اليها لتجنب الوقوع فى خطأ اعتبارها مذنبات • وقد وضعها ميسييه على رأس قائمته ولذلك يرمز اليها فى بعض الأحيان بالرمز « م ١ » •

وكان لورد روس أول من درس م ١ بالتفصيل فى سنة ١٨٤٤ • وقد استعان بتلسكوب كبير كان قد شرع فى استخدامه لبحث ما تتصف به بعض المجرات البعيدة من طبيعة حلزونية • ولم يكن روس يعتبر م ١ مجرد كتلة من الزغب حيث أتاح له التلسكوب أن يراها بشكل أوضح ، فبدت كهالة من الغازات المتلاطمة لا توحى سوى انها آثار انفجار عنيف • وكانت تتفرع من هالة الغاز اشعاعات متناثرة غير منتظمة بدت فى نظر

روس كارجل سرطان البحر · ولذلك فقد أطلق على م١ اسم « سديم السرطان » وبقى ذلك الاسم ·

ولقد بدأت الأنظار تتجه بشدة تجاه سديم السرطان لأنه كان فريدا من نوعه فى السماء · ولا شىء يمكن أن يضاهيه فى الوضوح الا موجة انفجارية متنامية · وبدأ علماء الفلك فى التقاط صور لذلك السديم · وهذا يعنى أنه أصبح بالامكان مقارنة الصور التى التقطت على مدى أعوام ·

وكان أول من لجأ الى أسلوب المقارنة عالم الفلك الأمريكى جون تشارلز دونكان (١٨٨٢ ـ ١٩٦٧) · فقد عمد فى عام ١٩٢١ الى مقارنة صورة التقطها حديثا لسديم السرطان مع صورة كان قد التقطها له فى عام ١٩٠٩ أمريكى آخر يدعى جورج ويليس ريتشى (١٨٦٤ ـ ١٩٤٥) مستخدما نفس التلسكوب·وقد لاحظ دونكان أن سديم السرطان بدا أكبر حجما فى الصورة الحديثة ، أى انه يتمدد فيما يبدو ·

ولو كان ذلك صحيحا ، فثمة احتمال راجح بان هذا السديم هو بقايا نوفا ، بل نوفا كبير الحجم بالنظر الى كمية الغبار والغازات · ثم التقط دونكان صورة أخرى للسديم فى عام ١٩٣٨ فأكدت ذلك الاستنتاج بشكل قاطع ·

وما أن أعلن لأول مرة فى عام ١٩٢١ عن تمدد السديم حتى استنتج هوبل (وقد كان على وشك اكتشاف طبيعة تكوين مجرة اندروميدا) أن م ١ هى الموجة الانفجارية الناجمة عن نوفا ١٠٥٤ ومازالت تتمدد · وقد استند فى استنتاجه الى نتائج دونكان فضلا عن موقع سديم السرطان فى برج الثور وهو موقع قريب من ذلك الذى رصد فيه الصينيون « النجم الضيف » ·

وربما كان ذلك صحيحا ، ولكن ما السبيل الى اثبات ذلك ؟

لقد أمكن بقياس معدل تمدد السديم حساب الزمن المنصرم منذ أن كانت كل تلك الهالة من الغبار والغازات مجرد نقطة ضوء ضعيفة · وذلك مؤشر يبعث علماء الفلك على البحث عن نجم انفجر فى ذلك الحين بالقرب من سديم السرطان · وقد أظهر الحساب أن الانفجار وقع منذ نحو ٩٠٠ عام ·

واذ يتطابق ذلك الرقم مع عام ١٠٥٤ ، وهو العام الذى شهد ظهور النوفا الساطع فى برج الثور ، أجمع علماء الفلك فى العالم على قبول التطابق بين سديم السرطان ونوفا ١٠٥٤ ·

وبدراسة معدل تحرك الخطوط المعتمة فى طيف سديم السرطان امكن ، بالمقارنة مع المعدل الظاهرى للتمدد ، حساب المعدل المطلق وكان حوالى ١٣٠٠ كم (٨٠٠ ميل) فى الثانية • وبالمقارنة بين تلك القيمة المحسوبة وبين ما تنم عنه الصور من معدل ظاهرى للتمدد تبين أن سديم السرطان يبعد عنا بمقدار ألفى فرسخ •

ثم بقياس طول سديم السرطان في الصور وبحساب المسافة يتضح ان سحابة الغبار والغازات يبلغ قطرها حوالى أربعة فراسخ وما زالت تتمدد •

وبالرجوع الى ما ذكر عن شدة بريق نوفا ١٠٥٤ وبحساب بعده عن الأرض نستنتج انه لو كان ذلك الانفجار النوفا قد وقع على مسافة عشرة فراسخ من الأرض ، وهى المسافة القياسية لحساب القيمة المطلقة لشدة البريق ، لبلغت شدة اضاءته المطلقة في ذروتها ــ ١٨ ، أي ما يعادل ١ر٦ بليون مثل شدة اضاءة شمسنا أو حوالى ١/٦٠ من شدة اضاءة مجرة درب اللبانة كلها لو تركزت فى نقطة • اذن فلقد كان نوفا ١٠٥٤ سوبر نوفا بلا جدال •

ولما كان سديم السرطان يبعد ألفى فرسخ عن الأرض ، فلابد وأن يكون سديما حقيقيا يتكون من الغبار والغازات ولايمكن أن يكون تجمعا بعيدا من النجوم على نحو ما تبين بالنسبة لسديم اندروميدا • وفي هذه الحالة فان من شان سديم السرطان أن يشع طيفا يتكون من خطوط ضوئية منفصلة باختلاف أطوال موجاتها على نحو ما بدا من سديم برج الجوزاء • غير أن الأمر لم يكن كذلك • فلقد كان لسديم السرطان طيف متصل كامل بجميع الدرجات شأنه فى ذلك شأن النجوم • الا أن أطوال الموجات كانت قصيرة للغاية بما يفيد بأن درجة حرارة السديم تزيد كثيرا على حرارة النجوم • فعلاوة على الأشعة فوق البنفسجية يطلق السديم أشعة اكس بل وأشعة جاما وكلها ذات أطوال موجات تقل فى القصر بحسب ترتيبها • كما يطلق سديم السرطان كميات غزيرة من موجات الراديو الطويلة ولكنها ذات طابع نبضى فى اتجاه واحد بما يفيد تعرضها للاستقطاب •

ولقد ظل مصدر ذلك الطيف المتصل ذى الطاقة العالية محيرا الى أن طرح عالم الفلك السوفيتى ايوزيف صمويلوفيتش شكلوفسكى (١٩١٦ ــ ؟) فى عام ١٩٥٤ حلا للغز حيث أعزى ذلك الطيف الى الكترونات تتحرك بسرعة هائلة خلال مجال مغناطيسى قوى • فان من نتائج تحرك الالكترونات بهذه الكيفية انبعاث موجات من تلك

النوعية التي تم رصدها . وليس ذلك مجرد نظرية علميـة فحسب بل يمكن ملاحظة هذه الظاهرة من خلال السنكروترون وهو جهاز تنشيط الالكترونات الذى ابتكره علماء الفيزياء النووية ، حيث يتم فى تلك الأجهزة تمرير جزيئات مشحونة كهربيا خلال مجالات مغناطيسية فينتج عن ذلك تولد ما يسمى باشعاعات سنكروترونية .

ان ذلك يعنى بالتـالى أن سـديم السرطان يطلق اشـعاعات سنكروترونية على نطاق واسـع . ولكن من أين تأتى الالكترونات ؟ وما مصدر كل تلك الطاقة التى تدفع الالكترونات خلال المجال المغناطيسى منذ انفجار السوبر نوفا قبل تسعة قرون ..

وفى عام ١٩٤٥ رصد بادى ، الذى توصل الى ما يعتقد اليوم انه البعد الحقيقى لمجرة اندروميدا ، بعض التغيرات الطفيفة بالقـرب من نجمين يتوسطان سديم السرطان . وقد استنتج بالتعاون مع عالم الفلك الأمريكى الألمانى الأصـل رودولف مينكوفسكى (١٨٩٥ ـ ١٩٧٦) أن أحد النجمين لابد وأن يكون من بقايا الجرم الأصلى الذى تعرض للانفجار السوبر نوفا . وحتى فى هذه الحالة فان اسـتمرار هذا الفيض من الاشعاع السنكروترونى يقتضى أن يطلق ذلك النجم كما من الطاقة بمعدل يساوى ثلاثين ألف مثل ما تطلقه شمسنا .. كيف يحدث ذلك ؟ لقد ظلت تلك المسألة تشكل لغزا مستعصيا على مدى ربع قرن آخر .

ولو أن سوبر نوفا ١٠٥٤ قد خلف مثـل هذا الأثر المدهش من بقاياه ، فلابد أن تكون السوبر نوفات الأخـرى قد خلفت مثـل ذلك ، ومن ثم أصبحت أى سحابة متمددة من الغبار والغازات وتطلق اشعاعات سنكروترونية موضعا للبحث . الا أن المشكلة تكمن فى انه كلمـا كان السـوبر نوفا أقدم من حيث زمن حـدوث الانفجـار اتسعت رقعـة السحابة وقلت كثافتها وبالتالى خفت كثافة اشعاعاتها .

ولعله يقال ان سبب رصد ما اتسم به سديم السرطان من خصائص مذهلة يعزى الى أن الانفجار السوبر نوفا الذى شهده عام ١٠٥٤ يعتبر حديثا بالمقارنة مع الانفجارات الأخرى وعلى مسافة قريبة نسبيا ، كما انه مرئى بوضوح حيث لا مجال للحديث عن سحب غبـار تعترض مرمى البصر اليه .

ولكن من خصائص موجات الراديو أنها تخترق سحب الغبار دون مشاكل علاوة على أن علماء الفلك نجحوا بعد الحرب العالمية الثانية فى تطوير الأجهزة وابتكار التقنيات الكفيلة برصد تلك الموجات بلا معوقات وبدقة تتزايد يوما بعد يوم .

وفى عام ١٩٤١ رصد بادى شـعيرات ضوئية سديمية فى برج الحوية فى نفس الموقع تقريبا الذى رصد فيه كبلر سوبر نوفا ١٦٠٤ . ولكن اذا كانت مخلفات ذلك الانفجار السوبر نوفا لايزيد عمرها على ثلث عمر سديم السرطان ، الا أنها تقع على بعد أحد عشر ألف فرسـخ من الأرض ، أى أبعد كثيرا من سديم السرطان وبالتالى فقد شكلت صعوبة أكبر فى تمييزها .

ولم يكن لدى بادى من سـبيل للتيقن من أن تلك الشعيرات من الغبار والغازات هى من بقايا الانفجار السوبر نوفا . غير أن عالمى فلك من جامعة كامبردج هما هانبورى براون وسيريل هازارد اكتشـفا فى عام ١٩٥٢ أن تلك الشعيرات هى مصدر قوى لموجات الراديو . وكان ذلك بمثابة رباط واضح بين تلك الشعيرات وسوبر نوفا ١٦٠٤ .

وفى نفس العام رصد براون وهازارد موجات راديو يقع مصدرها فى برج ذات الكرسى فى نفس المنطقة التى شهدت النوفا التى رصـدها تيكو . وبعد فترة اكتشف مينكوفسكى آثارا واضـحة لبقايا هذا السوبر نوفا ، وذلك باستخدام تلسكوب يبلغ قطر عدسته مائتى بوصة فى مرصد جبل بالومار بولاية كاليفورنيا ووجد أن هذه المخلفات تبعد عن الأرض مسافة خمسة آلاف فرسخ . أما فى عام ١٩٦٥ فقد اكتشف مصدر لموجات الراديو فى برج الذئبة وصف بأنه من مخلفات الانفجار السوبر نوفا الضخم الذى وقع عام ١٠٠٦ على مسافة قريبة نسبيا من الأرض حيث لاتزيد على ألف فرسخ .

يتضـح من ذلك أن الانفجـارات السوبر نوفا الأربعـة المعروفة على مدى الألف سنة الماضية تركت كلها مخلفات ممتدة . وفى الواقع ثمـة سحابة مخلفات خامسة . ففى عام ١٩٤٨ رصد عالما فلك بريطانيـان همـا مارتن رايـل (١٩١٨ ـ ١٩٨٤) و ف . جراهـام سـميث (١٩٢٣ ـ ؟) مصدرا قويا لموجات الراديو فى برج ذات الكرسى . وفى وقت لاحق اكتشف مينكوفسكى السديم الذى يتناسـب مع ذلك المصدر ويعرف باسم « ذات الكرسى أ » ، ولم يكن يقع فى منطقة السوبر نوفا الذى رصده تيكو ، ولكن كان يتسم بخصائص تتماشى مع مواصفات بقايا الانفجارات السوبرنوفا . ولو كان فعلا من مخلفات سـوبر نوفا فلابد أن يكون ذلك الانفجار قد وقع نحو عام ١٦٧٧ ولكن أحدا لم يعلن عنه ولعل ذلك يعزى الى وجود سحب كونية حجبته عن الرؤية .

وثمة كيان آخر موضع بحث يطلق عليه اسم « دائرة الدجاجة » ، ولعلنا نستنتج انه يقع فى برج الدجاجة . ويبدو ذلك الكيان على هيئة

السنة لولبية محدبة من السدم تشبه جزءا من حلقة يبلغ قطرها ستة أمثال قطـر البـدر • ولو أنه بالفعل من بقايا سوبر نوفا فلابد أن يكون ذلك الانفجار قد وقع منذ حوالى ستين ألف سنة •

ومن الكائنات التى تستلفت الانتباه أيضا ذلك السديم الضعيف الذى اكتشفه فى عـام ١٩٣٩ عالم الفلك الأمريكى الروسى الأصـــل أوتو ستروف (١٨٩٧ ـ ١٩٦٣) ويقع فى برج الشراع وهو من الأبراج الجنوبية • وقد تابع عالم الفلك الاسترالى كولين جام (١٩٢٤ ـ ١٩٦٠) ذلك السديم على مدى السنوات من ١٩٥٠ حتى ١٩٥٢ •

وجاء فى النتائج التى نشرها جام عام ١٩٥٥ أن السديم ، الذى سمى باسمه ، هو أكبر السدم المعروفة حجما حيث يشغل تقريبا ١/١٦ من مساحة السماء بأكملها ، غير انه يتسم بكثافة ضعيفة للغاية بحيث يصعب رؤيته فضلا عن انه يقع فى أقصى جنوب السماء فمن العســير متابعته من أوروبا أو الولايات المتحدة •

ويتخـذ سـديم جام شكلا كرويا يناهز قطـره ٧٢٠ فرسخا ويبعد مركزه زهاء ٤٦٠ فرسخا من مجموعتنا الشمسية ، وتلك أقرب مسافة معروفة تقع عليهـا مخلفات لانفجار سوبر نوفا ، فلا يزيد بعد حدودها عنا على مائة فرسخ حتى ان البعض من علماء الفلك ذهب باعتقاده لوهلة أن المجموعة الشمسية قد تكون جزءا من ذلك السديم •

ولعل ذلك السديم قد تكون من جراء انفجار سوبر نوفا وقع منذ ثلاثين ألف سنة وسطع لفترة وجيزة ببريق يعادل ضوء البدر • ويواكب ذلك التاريخ ظهور الانسان الحديث على الأرض • ولنا أن نتساءل ما اذا كان ذلك الانسان والانسان النياندرتالى قد لاحظا هذا القمر الثانى فى السمـاء ، وذلك بفرض وجـود الانسان فى الجنوب بدرجة تتيح رؤيته بسهولة •

النجوم النترونية

لما كان السوبر نوفا هو الوميض المرئى الناجم عن انفجار نجـم ، واذا كان ما ينتج من طاقة يفوق كثيرا قدرة النوفا العادية ، وبالرجوع الى المعتقدات السائدة فى عام ١٩٢٠ يبدو منطقيا أن يقال ان الجزء المتبقى من النجم بعد لفظ سحب الغبار والغازات الى الفضاء لابد وأن يتعرض للانقباض ويتحول الى متقزم أبيض •

ولقد تبين أن النجم المركزى الذى رصد فى سديم السرطان ساخن ويميل الى اللون الأزرق • كما اكتشف نجم مماثل فى مركز سديم جام •• وربما كانت كل السدم من مخلفات الانفجارات السوبر نوفا تحتوى فى مركزها على متقزمات بيضاء من نفس القبيل ولكنها أضعف من أن ترى • ومن ثم بدا واضحا أن السبب فى رؤية النجم المركزى فى كل من سديم السرطان وسديم جام انما يعزى الى أن السديمين يقعان بالصدفة على مسافة قريبة نسبيا من الأرض •

ولكن عالم الفلك الأمريكى الهندى الأصل سوبراحمانيان شاندراسيخار (١٩١٠ ـ) كان أول من زرع بذرة التشكك فى أن المتقزم الأبيض هو النتيجة الحتمية الوحيدة لتقلص النجوم •

لقد فكر على النحو التالى : عندما يتعرض نجم للتقلص فذلك يعنى انه لم تعد للمتقزم الأبيض الناجم عن تلك العملية القدرة على مواصلة التفاعلات الاندماجية التى تحول دون انقباضه •

غير أن المتقزم الأبيض مازال مرحلة لم تبلغ بعد درجة الانقباض الكامل • فلو أن الذرات تعرضت للانهيار وبلغ الانقباض مداه بحيث تتلاشى الفراغات وتلتصق النويات الذرية لتقلص كوكب مثل شمسنا الى كرة لا يزيد قطرها على نحو أربعة عشر كيلومترا (تسعة أميال) •• أما المتقزمات البيضاء فقطرها يناهز ١٢ ألف كيلومتر (٧٤٠٠ ميل) ، ولا تزال نوياتها تحظى بقدر من الفراغات يتيح لها التحرك بحرية تكاد تكون مطلقة بل ثمة آراء تقول بأن المتقزم الأبيض رغم ما اكتسبه من كثافة مازال يتسم بصورة أو بأخرى بخصائص الغازات •

ولقد أثبت شاندراسيخار أن محتوى المتقزم الأبيض من الالكترونات هو ما يحفظ له تمدده • صحيح أن الالكترونات لم تعد جزءا من الذرات ولكنها تظل تتحرك عشوائيا كمثل الكترونات الحالة الغازية • ويبلغ من شدة تنافر تلك الالكترونات انه ما من قوة ، بما في ذلك قوة جاذبية المتقزم الأبيض الهائلة ، يمكن أن تضغطها لأبعد من حد معين •

وكلما زادت كتلة المتقزم الأبيض اشتدت قوة جاذبيته وتعرضت الكترونات الغاز لقدر أكبر من الانضغاط • وبالتالى فكلما زادت كتلة المتقزم الأبيض قل قطره •

ولو تجاوزت قوة الضغط قيمة معينة فان قوة مقاومة الكترونات الغاز تنهار ويتعرض المتقزم الأبيض للانقباض • وفي عام ١٩٣١ خلص شاندراسيخار الى نتيجة مؤداها أن الالكترونات تتعرض للانهيار

لو تجاوزت كتلة المتقزم ٤٤ر١ مثل كتلة الشمس · وقد أطلق على هذه النسبة « حد شاندراسيخار » ·

ولقد تبين أن الكتلة فى كل المتقزمات البيضاء التى أمكن حساب كتلتها تقل عن تلك النسبة بلا استثناء ·

وللوهلة الأولى ، لم تمثل تلك النتيجة مشكلة بالنسبة لعلماء الفلك · فنسبة النجوم التى تقل كتلتها عن حد شاندراسيخار تتجاوز ٩٥ فى المائة وليس لها من بديل سوى أن تتقلص الى متقزمات بيضاء ·

وحتى تلك الأقلية الضئيلة من النجوم التى تتجاوز ذلك الحد لاتمثل فيما يبدو أى مشكلة · فقبل الانقباض تتعرض النجوم للانفجار وتلفظ طبقاتها الخارجية وبالتالى تقل كتلتها · ومن ناحية أخرى كلما زادت كتلة النجوم كان انفجارها أشد ، وفقدت قدرا أكبر من كتلتها · ولقد قدرت كتلة سديم السرطان ، بما فى ذلك ما فقد منه من جراء الانفجار السوبر نوفا بثلاثة أمثال كتلة الشمس ·

وتقودنا تلك النتيجة الى القول بأن كل النجوم الثقيلة تفقد ، بتعرضها للانفجار ، كميات كبيرة من كتلتها بحيث يقل دائما المتبقى منها عن نسبة الـ ٤٤ر١ ومن ثم فانها تتقلص وتتحول الى متقزمات بيضاء ·

غير أن شاندراسيخار أثار مشكلة أخرى ·· فماذا عن النجوم التى يزيد وزنها الأصلى بحيث يتجاوز المتبقى منها بعد الانفجار نسبة الـ ٤٤ر١ ؟ بناء على ما تقدم ، فانها لن تتحول عند الانقباض الى متقزم أبيض · فما الذى سيحدث ؟ ·

ولعلنا نتناول المسألة بالتحليل على النحو التالى : ان المتقزم الأبيض يتكون من نويات ذرية والكترونات · والنويات الذرية تتألف من بروتونات ونترونات ، واذا كانت النترونات لاتحمل شحنات كهربية فان البروتونات تحمل شحنات كهربية موجبة وكلها متساوية · ولقد اصطلح على تقدير قيمة الشحنة بواحد ، أى أن كل بروتون يحمل شحنة مقدارها + ١ ·

أما الالكترونات فكلها أيضا تحمل شحنة كهربية موحدة ولكنها سالبة · أى أن كل الكترون يحمل شحنة مضادة لشحنة البروتون ومقدارها − ١ ·

ولما كانت البروتونات والالكترونات تحمل شحنات مضادة فانها تتجاذب ولكن فى حدود معينة · فلو انها اقتربت بدرجة تتجاوز تلك

العدود تدخلت عوامل أخرى تعمل على تنافرها بدرجة تفوق بكثير شدة تجاذبها • وفي ذلك مبرر آخـــر ـ بل هو أقوى من المبرر الأول القائل بتنافر الالكترونات فيما بينها ـ لعدم تعرض المتقزمات البيضاء للتقلص الى أبعد من حد معين •

غير أن تزايد قوة الجاذبية يدفع الالكترونات الى الاقتراب من بعضها أكثر فأكثر والى الاقتراب من البروتونات حتى ينتهى بها المآل الى الاتحاد مع البروتونات • عندئذ تتعادل الشحنات الكهربية وتتلاشى ، ويتحول الالكترون ذو الشحنة السالبة والبروتون ذو الشحنة الموجبة الى وحدة لا شحنة لها ، أى الى نترون •

اذن فالنجوم المتقلصة التي تربو كتلتها على نسبة ال ٤٤ر١ تتحد الكتروناتها مع بروتوناتها وتكون نترونات تضاف الى النترونات الموجودة أصلا • ومن ثم يقتصر تكوين النجوم المتقلصـــة على النترونات فقط • ولما كانت النترونات لاتحمل شحنة كهربيـــة فهى لا تتنافر ، ومن ثم يتقلص النجم حتى تتلامس نتروناته ويتحول الى نجم نتروني •

وكما أسلفنا فلو أن الشمس تعرضت لهذه الظاهرة لتحولت الى كرة لايزيد قطرها على أربعة عشر كيلومترا (تسعة أميال) وبالتالى فان النجم النتروني يعد أصغر كثيرا من المتقزم الأبيض ويفوقه بدرجة كبيرة في الكثافة وله من قوة الجاذبية ما يتعاظم كثيرا على قوة المتقزم الأبيض•

ولما شرع زويكي عام ١٩٣٤ في اجراء دراسات عن السوبرنوفا في مجرات أخرى كان يراود فكره امكان عثوره على نجوم نترونية كناتج أخير لما يمكن أن تؤول اليه الانفجارات العملاقة •

لقد فكر أن السوبر نوفا بما يطلقه من طاقة تعادل مليون مثـــل ما ينجم عن النوفا العادى فلابد وأن يكون نتيجة انفجار هائل • وبديهى انه كلمـــا اشـــتد الانفجـــار كان الانقبـــاض أقوى وأعنف • ولو حـــدث أن كتلة مخلفات الانفجار التي تتعرض للانقباض كانت أقل من أن تتيح تحول النجم الى متقزم أبيض فان سرعة الانقباض وما ينجم عنها من قصور ذاتى تفسح المجال لتخطى هذه المرحلة تماما ، ومن ثم يتكون نجم نتروني بكتلة تقل عن نسبة الـــ ٤٤ر١ مثل كتلة الشمس •

ولم يمض وقت طويل على ذلك حتى توصـــل الفيزيائى الأمريكى ج • روبرت أوبنهيمر (١٩٠٤ ـ ١٩٦٧) وأحـــد تلامذته يدعى جورج مايكل فولكوف الى المعادلات الرياضية الخاصة بحساب خصائص النجوم النترونية وتكوينها • ونفس المعادلات توصل اليها الفيزيائى السوفيتى ليف دافيدوفيتش لاندو (١٩٠٨ ـ ١٩٦٨) في دراسات مستقلة •

ومن هذا المنطلق كان يبدو منطقيا فى الثلاثينات من القرن الحالى القول بأن الانفجارات السوبر نوفا تؤدى الى تكون النجـــوم النترونية ولكن لم يكن ثمة سبيل للتحقق من ذلك الأمر عن طريق الرصد المباشر . ولو أن النجوم النترونية موجودة بالفعل فان حجمها سيكون ضئيلا ضئيلا لدرجة أنه حتى لو أمكن باستخدام تلسكوب ضخم رصد أحدها لوجوده على مسافة قريبة نسبيا لبدا ضوؤه شـديد الضعف . وحتى لو أمكن رؤيته فما من سبيل لمعرفة أى شىء عنه الا كونه بالغ الضعف . ولعلنا نتساءل الآن عن ذلك النجم ذى الضوء الضعيف فى قلب سـديم السرطان هل هو نجم نترونى أم متقزم أبيض ؟ لو كان المعيار هو مجـــرد كونه مرئيا لرجحت كفة المتقزم الأبيض .

وبقى أمل وحيد مبهم . فاذا كان الانفجار السوبر نوفا يولد مثل هذا الضغط الرهيب فلابد وأن يكون مصحوبا بارتفاع هائل فى درجة الحرارة بما يقدر على سطح النجم النترونى وقت تكونه بزهاء عشرة ملايين درجة مئوية . وحتى لو اقتضى الأمر آلاف السنين من التبريد فلا مناص من أن تؤدى درجة الحرارة هذه الى وجود كميات وفيرة من الأشـــعة السينية ضمن اشعاعات السوبر نوفا .

ومن ثم ، فلو أن نجما ضئيلا ضعيف الضوء التقطت أشعة سينية واردة من موقعه فى السماء ، فالاحتمالات قوية أن يكون نجما نترونيا .

غير أن ذلك الأمل اصطدم بعائق يتمثل فى أن الأشـعة السينية لا تخترق الغلاف الجوى للأرض ، حيث انها تتفاعل مع الذرات والجزيئات العالقة بالجو وتفقد بوصولها الى الأرض خصائصها المميزة . وقد تكون النجوم النترونية تطلق اشارات قوية ولكنها تظل بلا جدوى ، أو هكذا بدا الأمر فى الثلاثينات .

الأشعة السينية وموجات الراديو

لو كان بمقدور العلماء استطلاع السماء من خارج الغلاف الجوى للأرض لتغير كل شىء .

والسبيل الوحيد للتغلب على الغـــلاف الجوى هو اســـتخدام الصواريخ . وكان نيوتن قد أشار الى ذلك فى عام ١٦٨٦ . ولكن كانت الفجوة كبيرة حقا بين التفكير وبين التمكن من التنفيذ .

ولكن دقت الساعة . فخلال الحرب العالمية الثانية أحرز الألمان تقدما سريعا فى مجال المركبات الصاروخية وذلك بفضل أبحاث ورنهر

فون براون (١٩١٢ - ١٩٧٧) • وكان هدفهم استخدام تلك المركبات كأسلحة ونجحوا فى ذلك ، ولكن لحسن حظ الحلفاء لم يجد الألمان متسعا من الوقت لنشر تلك الصواريخ بكميات تدرأ عنهم الهزيمة •

غير أن الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتى ما لبثا بعد الحرب أن أمسكا بزمام الأبحاث فى هذا المجال من حيث انتهى اليه الألمان • وفى عام ١٩٤٩ نجحت الولايات المتحدة فى اطلاق صاروخ لارتفاع يتجاوز سمك الغلاف الجوى • أما الاتحاد السوفيتى فقد وضع فى ١٩٥٧ مركبة مجهزة بمحرك صاروخى فى مدار حول الأرض •

الآن صار بالامكان رصد الاشعة السينية من الفضاء بما يفسح المجال لحل بعض الألغــــاز •

وكان من نتيجة ذلك أن أظهر التحليل الطيفى للغلاف الجوى للشمس خطوطا لا تماثل تلك المكونة من عناصر معروفة • ولذلك ذهب البعض الى الاعتقاد بأن الغـــلاف الجوى للشمس يحتوى على عنصر ما زال مجهولا وأطلقوا عليه اســـم « كورونيوم » وهو مشتق من كورونا أى الغــــلاف الجوى للشمس •

غير أن الفيزيائى السويدى بنجت ايدلن (١٩٠٦ -   ) تمسك فى عام ١٩٤٠ بأن تلك الخطوط تمثل ذرات لعناصر معروفة ولكنهـــا موجودة فى ظروف فريدة ، فدرجة حرارة الغلاف الجوى للشمس تقدر بمليون درجة مئوية أو يزيد •

والآن كيف يمكن التحقق من وجود الكورونيوم ؟ لو أن ايدلن كان على حق لانبعثت أشعة سينية بكميات كبيرة من الغلاف الجوى للشمس نتيجة تلك السخونة ولكن لم يكن من وسيلة فى عام ١٩٤٠ لرصد مثل تلك الأشعة حتى لو وجدت •

ولكن ما أن أصبحت الصواريخ متاحــة حتى تبدلت الأمور • ففى عام ١٩٥٨ تابع عالم الفلك الأمريكى هربرت فرايدمان (١٩١٦ -   ) عملية اطلاق ستة صواريخ لخارج الغلاف الجوى للأرض مجهزة بمعدات تتيح رصد الأشعة السينية المنبعثة من الشمس لو وجدت • وبالفعل رصـــدت أشعة سينية وظهر أن ايدلن كان على حق فيما قدره من درجة حرارة الغلاف الجوى للشمس وأن الخطوط الطيفية هى بالفعـــل لعناصر عادية ولكنها موجودة فى ظروف غير مألوفة بالمرة ولا وجود لما سمى بالكورونيوم •

غير أن الأشعة السينية المنبعثة من الشمس كانت ضعيفة وما كانت لتلتقط بسهولة لولا أن الشمس قريبة منا • ولو تحدثنا عن المسافات لوجدنا أن أقرب النجوم وهى نجوم مجموعة ألفا قنطورى تبعد عن الأرض ٢٧٠ ألف مثل بعد الشمس • ولو أن أحد هذه النجوم أطلق شعاعا سينيا بنفس شدة أشعة الشمس لوصل الى الأرض بما يقدر بجزء من سبعين ألف مليون جزء مما لو كان منبعثا من الشمس ، ولما أمكنا رصد ذلك الشعاع • فماذا اذن من أمر الأشعة السينية الواردة من نجوم تقع الى أبعد من ذلك ؟

وبالتالى ، فلو أن الكون مقصور على كواكب مثل الشمس ما أمكنا بمثل ما لدينا الآن من أجهزة رصد أى مصدر فى السماء للأشعة السينية عدا الشمس ذاتها • اما لو كانت هناك نجوم غير عادية تطلق أشعة سينية بالغة الشدة ـ على نحو ما هو متوقع فى حالة النجوم النترونية ـ فربما أمكن التقاط هذه الأشعة •

لقد أصبحت اذن محاولة استكشاف مصادر الأشعة السينية تكتسى أهمية قصوى فان كل مصدر لهذه الأشعة يبعث الأمل فى وجود شىء غير عادى •

وفى عام ١٩٦٣ رصد فرايدمان أشعة سينية فى السماء منبعثة من مصادر أخرى غير الشمس وشهدت السنوات التالية رصد عدد كبير من مثل تلك المصادر • وفى عام ١٩٦٩ أطلق قمر صناعى مجهز خصيصا لرصد مصادر الأشعة السينية • وقد أطلق من الساحل الكينى بمناسبة الاحتفال بمرور خمس سنوات على استقلال كينيا وسمى « أهورو » بما يعنى باللغة السواحيلية « الاستقلال » • وقد رصد ذلك القمر ما لا يقل عن ١٦١ مصدراً للأشعة السينية ، نصفها من خارج مجرتنا •

كان ذلك أحد السبل التى جعلت علماء الفلك فى الستينات من القرن الحالى يهتدون الى أن الكون أرحب كثيرا مما كان يعتقد سالفا • كم هو خادع ذلك الهدوء والسكون الظاهرى الذى يتسم به ليل السماء !!

ولقد تبين أن أحد مصادر الأشعة السينية فى السماء يقع فى سديم السرطان •

ولم يكن ذلك بمثابة مفاجأة لعلماء الفلك • فلو كان قد طلب اليهم ترشيح موقع فى السماء ليكون مصدرا لأشعة سينية يمكن رصدها لأجمعوا على سديم السرطان • ويعزى ذلك الى انه يشكل يقينا آثار انفجار سوبر نوفا وهو أعنف ما يمكن أن يتعرض له نجم من ظواهر طبيعية • ومن ناحية أخرى فهو انفجار وقع على مسافة معقولة ومنذ زمن قريب نسبيا ،

علاوة على أن طابع الدوامة والتلاطم وسرعة انتشار السديم تمثل دلالات قوية على مدى ارتفاع درجة الحرارة بما يهيىء انبعاث الأشعة السينية ٠

ويبعث ذلك على التفكير فى مصدرين محتملين للأشعة السينية ٠ يتمثل الأول فى هالة الغازات والغبار المكونة للسديم والتى تتمدد بسرعة هائلة ٠ أما الثانى فهو النجم الضئيل الساخن الواقع فى مركز السديم وربما كان نجما نترونيا ٠

ولما كانت الحسابات الفلكية قد أفادت بأن القمر يتجه بتحركاته الى أن يمر فى عام ١٩٤٦ فى مسار يتقاطع مع مجال رؤية سديم السرطان فقد سنحت الفرصة لتحديد مصدر الأشعة ٠

فلو كانت الأشعة السينية ناجمة عن دوامة الغازات الساخنة فان شدة الأشعة ستخف تدريجيا كلما تداخل القمر وخسف السديم ٠ اما لو كان المصدر الرئيسى للأشعة السينية هو النجم النترونى المحتمل فان شدة الأشعة ستخف مع مرور القمر امام السديم ثم تنخفض بشكل حاد بمروره أمام النجم ولا تلبث أن تعود الى سيرتها الأولى حتى يخرج القمر من أمام السديم فترجع الى قيمتها الأصلية ٠

وعندما حان موعد الخسوف أطلق صاروخ مجهز لرصد الأشعة السينية ٠ وأظهرت النتائج أن شدة الأشعة خفت تدريجيا بلا أى علامة على حدوث انخفاض حاد ٠ وهكذا ذبلت الآمال فى اكتشاف نجم نترونى ٠

غير أنها لم تمت كلها ٠ الا يجوز ان يكون التفكير فى كل من النجم المركزى وهالة الغازات المحيطة به كمصدر للأشعة السينية مبعث لبس ، ولو أمكن التوصل الى شىء يتيح تمييز النجم وحده دون الغازات المحيطة به ربما توصلنا الى حل اللغز ٠

ولكن ما هو هذا الشىء ؟ الغريب انه عندما عرف الحل جاء على غير التوقع تماما ٠٠٠

فاذا كانت الأشعة السينية وأشعة جاما ذات الطاقة العالية تمثلان احدى نهايات التدرج الطيفى الكهرومغناطيسى فان النهاية الأخرى لهذا التدرج تتمثل فى موجات الراديو ذات الطاقة المحدودة ٠

ومن سمات موجات الراديو انها بصفة عامة لا تخترق الغلاف الجوى شانها فى ذلك شان الأشعة السينية ٠ غير أن السبب فى هذه الحالة يعزى الى الطبقات العليا للغلاف الجوى ويطلق عليهـا الايونوسفير أو الغلاف

الأيوني وهي طبقة غنية بالجزيئات المشحونة كهربيا • ويعمل الغلاف الايوني كعاكس لموجات الراديو ، فالأشعة الصادرة من الأرض تصطدم بتلك الطبقة وتنعكس عائدة اليها ، كذلك تلك الواردة من أى مصدر فلكي يعكسها أيضا الغلاف الايوني الى الفضاء ولا تصل مطلقا الى سطح الأرض •

ولكن تلك الظاهرة لا تنطبق على الميكروويف وهى شريحة موجات الراديو الأقصر طولا • واذا كانت موجات الميكروويف تعد بالغة القصر بالنسبة لفئتها (فئة موجات الراديو) الا انها تعد أطول كثيرا من موجات الضوء العادى بما فيها شريحة الأشعة تحت الحمراء •

ويمكن القول اذن بأن التدرج الطيفى الكهرومغناطيسى يشتمل على حزامين من الأشعة يمكنها أن تخترق الغلاف الجوى دون أن تفقد الكثير من خصائصها • الحزام الأول هو فئة أشعة الضوء المرئى اما الآخر وهو الأعرض فيتمثل فى شريحة الميكروويف •

ولقد عرف الانسان « الحزام الضوئى » لأن له أعينا تشعر بالضوء وتمكنه من رؤية الشمس والقمر والكواكب والنجوم • اما شريحة الميكروويف فليس بوسع الانسان أن يلتقطها بأى من حواسه ولذلك لم تعرف الا فى النصف الأخير من القرن الحالى •

ولقد لعبت الصدفة دورها فى اكتشاف الميكروويف • فبينما كان مهندس اللاسلكى الأمريكى كارل جوتة جانسكى (١٩٠٥ ــ ١٩٥٠) ، الموظف بشركة بل للهاتف ، يسعى فى عام ١٩٣١ الى تحديد سبب التشويش الذى يشوب رسالة واردة على جهاز الاستقبال اللاسلكى رصد الجهاز هسيسا واردا من السماء • ولقد بدا فى مطلع الأمر أن الهسيس ناتج عن موجات ميكروويف مصدرها الشمس • غير أن المصدر أخذ بمرور الوقت يتباعد شيئا فشيئا الى أبعد من مسافة الشمس • وفى عام ١٩٣٢ اكتشف جانسكى أن المصدر يقع فى برج « ركبة الرامى » (القوس) ثم تبين فيما بعد أن تلك الأشعة الميكروويف كانت واردة من مركز المجـرة •

واذ لم تكن تقنيات رصد الميكروويف على درجة عالية من التطور لم يستثمر أحد من علماء الفلك المتمرسين اكتشاف جانسكى فى حينه • غير أن جروت ريبير (١٩١١ ــ) وهو من هواة اللاسلكى المتحمسين، عمد لدى سماعه عن ذلك الاكتشاف الى صنع جهاز استقبال ذى هوائى على شكل جسم مكافىء دورانى ووضعه فى الفناء الخلفى لمنزله • كان

ذلك الجهاز ، الذى صنعه جروت ولم يكن قد تجاوز السادسة عشرة من عمره ، بمثابة أول « تلسكوب لاسلكى » وقد أجرى به مسحا للسماء بحثا عن أى مصدر خاص للاشارات الكهربائية • وقد صنع بذلك أول خريطة لمصادر الاشارات الكهربائية فى السماء •

وفى نفس الوقت تقريبا كان الفيزيائى الاسكتلندى روبرت واطسون وات (١٨٩٢ ــ ١٩٧٣) يعمل مع آخرين من أجل التوصل الى طريقة لتحديد اتجاهات ومسافات الأجسام الفضائية الأخرى غير المرئية وذلك باستخدام شعاع ميكروويف • وتتلخص الفكرة فى ارسال أشعة ميكروويف الى السماء ولو صادفت جسما ما فى الفضاء فسوف تنعكس وتعود الى الأرض وترصد • وبمعرفة اتجاه الانعكاس يتحدد اتجاه ذلك الجسم ، كذلك فان قياس الوقت بين ارسال الشعاع واستقباله يتيح حساب المسافة • وقد سميت تلك التقنية « رادار » •

ولقد اكتسى الرادار أهمية قصوى اثناء الحرب العالمية الثانية ، حتى انه بانتهاء تلك الحرب كانت تقنيات ارسال واستقبال الميكروويف قد بلغت مرحلة جيدة • وذلك يعنى أن علماء الفلك أصبح بوسعهم بعد الحرب اجراء دراسات وتحاليل موسعة لمصادر الميكروويف فى مجموعات النجوم البعيدة • وكان من نتائج التقدم المضطرد فى صناعة التلسكوبات اللاسلكية التوصل الى عدد كبير من الاكتشافات العظيمة وأغلبها لم يكن على البال • لقد كان ذلك الاكتشاف بمثابة ثورة فلكية تعادل فى أهميتها تلك التى أسفر عنها اختراع التلسكوب قبل ذلك بثلاثة قرون ونصف •

النباضات الاشعاعية (بلسار)

وفى عام ١٩٦٤ أصبح علماء الفلك على يقين من أن مصادر الموجات اللاسلكية ليست بالضرورة منتظمة شأنها فى ذلك شأن مصادر الضوء •

ولقد عرف أن موجات الضوء لدى اختراقها الغلاف الجوى تنكسر بنسب متفاوتة حسب درجات الحرارة • ولما كانت الحرارة تختلف من منطقة الى أخرى داخل الغلاف الجوى وتتغير باختلاف الوقت فان الأشعة الضوئية الضعيفة الواردة من النجوم تنكسر بدرجة أو بأخرى ويتغير اتجاهها مع الوقت فيعطى ذلك انطباعا بأن النجوم « تتلألأ » • كذلك الاشارات الكهربائية فهى تتعرض لنفس الشىء ولكن بسبب وجود الجزيئات المشحونة فى الغلاف الجوى مما يؤدى الى انحرافها بدرجة أو بأخرى فتبدو وكأن لها وميضا •

ولدراسة ذلك الوميض السريع كان لابد مع صنع تلسكوبات لاسلكية ذات مواصفات خاصة ، وقد ابتكر أحدها عالم الفلك الانجليزى انطونى هيويش (١٩٢٤ ـ) • ويتكون تلسكوبه اللاسلكى من ٢٠٤٨ جهاز استقبال موزعة على مساحة قدرها ١٨ ألف متر مربع •

وفى يوليو من عام ١٩٦٧ شرع هيويش فى اجراء مسح للسماء لرصد مصادر الاشارات الكهربية ودراستها ، مستعينا على أجهزة المراقبة والتحكم بواحدة من تلامذته تدعى سوزان جوسلين بل (١٩٤٣ ـ) وقد غدت متخصصة فى علم الفلك اللاسلكى •

وفى أغسطس لاحظت بل شيئا غريبا • فقد استرعى انتباهها وجود نبضات واضحة واردة من مصدر ما يقع بين النجمين النسر الواقع والنسر الطائر ، وذلك فى منتصف الليل وهو وقت عادة ما تكون فيه النبضات الكهربية ضعيفة • ولاحظت علاوة على ذلك أن الومضات تبدو كأنها تقترب وتبعد • وقد نقلت تلك الملاحظة الى هيويش الذى ارتأى مع حلول نوفمبر أنها ظاهرة جديرة بدراسة مستفيضة •

وبناء على ذلك أجرى تعديلا على التلسكوب اللاسلكى بأن زاد من سرعة رصد الاشارات الكهربية فاكتشف أن الومضات تتداخل معها موجات عرضية خاطفة من الاشعاعات لا تدوم لأكثر من جزء من عشرين من الثانية • وذلك يفسر ما بدا من أن الومضات تجىء وتروح ، حيث كان الهوائى بدورانه المستمر يمر بالمصدر فيما بين تلك الموجات العرضية بالطبع • ولذلك كان من قبيل المصادفة وحدها أن يرصد الهوائى المصدر فى وقت يبدأ فيه تداخل الموجات العرضية مع النبضات •

لكن مع استمرار دراسة موجات الاشعاعات ، اتضح انها تحدث على فترات قصيرة ومنتظمة انتظاما فائقا • وبقياس الزمن بين الموجة والموجة وجد أنه حوالى ١ ١/٣ ثانية وعلى وجه الدقة لثمانية أرقام بعد العلامة العشرية ١٫٣٣٧٣٠١٠٩ ثانية •

ولم يكن أحد قد رصد ظاهرة فى السماء تتكرر بمثل ذلك الانتظام وعلى فترات بهذه الدرجة من القصر • وأيا ما كان وراء تلك الظاهرة ، فهو شىء لم يسبق له مثيل • لابد وأن يكون شيئا متغيرا بشكل دورى ، كجرم فلكى يدور حول جرم آخر ، أو يدور حول محوره الذاتى ، أو جرما ترددیا ، أو لسبب ما يطلق موجة من الميكروويف مع كل دورة أو تردد •

ولقد بدا لهيويش للوهلة الأولى أن الترددية هى أفضل مبرر لتلك الظاهرة لذلك اطلق على النجـــم الذى يتعرض لتلك الظاهرة « النباض الاشعاعى » وسرعان ما اختصر ذلك الاسم الى اللفظ الانجليزى « بلسار » ٠

وما أن اهتدى هيويش الى الكيفية التى يطلق بها البلسار موجات الميكروويف حتى أصبح من السهل رصد مثل هذه النجوم ٠ وقد اكتشف أن النجم مع كل تردد يطلق موجة ميكروويف تتسم بقدر كاف من القوة غير أنه اصطدم بمشكلة تتمثل فى أن التلسكوبات اللاسلكية العـــادية لا تصلح لرصد كل موجة على حدة ولكن كانت ترصد قيمة متوســـطة للاشعاعات المنبعثة خلال فترة زمنية محددة ٠ ولو تم القياس على فترة زمنية تساوى الفاصل بين ترددين فان القيمة المتوسطة لشدة الاشعاعات تعادل ١/٢٧ من شدتهـــا وهى فى ذروتهـــا ٠ وتلك قيمـــة صغيرة لا تلفت الانتبـــاه ٠

غير أن تلسكوب هيويش اللاسلكى كان ذا قدرة على رصــد تلك الموجات ومن ثم بدأ عالم الفلك فى مسح السماء بحثا عن نجوم أخرى من نفس النـــوع ٠ وفى فبراير ١٩٦٨ كان هيويش قد رصــد ثلاثة نباضات اشعاعية أخرى مما منحه الثقة فاقدم على اعلان اكتشافه ٠

وبمجرد الاعلان عن الاكتشاف دأب آخـــرون على البحث وسرعان ما اكتشفوا خمسة نجوم مماثلة أخرى ٠ أما فى مطلع الثمانينات فكان قد تم رصد زهاء ٤٠٠ من النجوم البلسار ٠

وفى أكتوبر ١٩٦٨ رصد نباض اشعاعى فى سديم السرطان وهى منطقة تبعث على توقع وجود أى شىء غريب فيها ٠ وقد تبين أن سرعـــة التردد فى ذلك النجم تفوق كثيرا مثيلتها فى البلسار الأول ، حيث بلغت مدة الدورة ٣٣٠٩٩ر٠ ثانية أى أن النجم يشـــع موجات الميكروويف بواقع ثلاثين مرة تقريبا فى الثانية ٠ وقد تم فى وقت لاحق اكتشـــاف بلسار آخر فى مركز سديم جام ٠

وبذلك لم يعد هناك مجال للبس ، فلو أن الأمر يتعلق بأشـــعة منتظمـــة ، ســـواء كانت أشعة سينية أو موجـــات راديو لكان من العسير فصل الشريحة الواردة من النجم المركزى عن تلك الواردة من السديم ٠ أما الترددات السريعة والمتكررة بانتظام فيمكن تحديد مصدرها بدقة لأنها ترد من نقطة واحدة ولا تنبعث من مساحة كبيرة ٠ وقد تطابقت تلك النقطة الواحـــدة مع النجم المركزى فى حالتى ســـديم السرطان وســـديم جام ٠

وقد فهم الناس الأمر على النحو التالى : فمثلما يكمن فى جوف السديم الكوكبى نجم مركزى يتمثل فى المتقزم الأبيض ، فان النجم المركزى الكامن فى البيئة المتولدة من جراء الانفجار السوبر نوفا هو البلسار • بمعنى آخر فان النجم الذى يتعرض لانفجار سوبر نوفا يتقلص الى بلسار •

ولكن ما هو البلسار ؟

ان سرعة التردد فى نبضات الميكروويف تدلل على أن البلسار لابد وأن يكون اما ترددیا أو يدور حول جسم آخر أو حول نفسه فى مدة لا تتجاوز بضع ثوان بل فى بعض الأحيان لا تتعدى كسورا عشرية من الثانية • وليس ثمة ما يمكن أن يتعرض لمثل ذلك التغير التكرارى بالغ السرعة الا أن يكون جسما ضئيلا للغاية وله مجال جاذبية هائل ليحفظه من التفتت تحت تأثير قوة القصور الذاتى الناجمة عن مثل تلك الحركة الترددية السريعة •

والمتقزم الأبيض هو الشىء الوحيد المعروف الذى يتسم بخاصيتى ضآلة الحجم وقوة الجاذبية غير انهما ليستا بالقدر الكافى لتفادى التفتت • اذن فليس من حل الا أن يكون البلسار نجما نترونيا ،فذلك النجم يتسم على الأقل بقدر كاف من ضآلة الحجم ومن قوة الجاذبية •

ولايبدو منطقيا القول بأن النجم النترونى ، بما يتسم به من قوة جاذبية خارقة ، يمكن أن يتعرض لحركة نبضية ، ولا القول بأنه يمكن أن يدور حول أى جسم ، (حتى لو كان نجما نترونيا آخر) ، فى زمن يقاس بالكسور العشرية من الثانية • ومن ثم لايتبقى الا احتمال واحد وهو الدوران حول محوره • فالنجم النترونى يمكن نظريا أن يدور حول نفسه ليس بسرعة ثلاثين دورة فى الثانية (مثل بلسار سديم السرطان) فحسب ، بل قد تصل هذه السرعة الى ألف دورة أو يزيد • وفى نوفمبر ١٩٨٢ تم اكتشاف بلسار يبلغ معدل موجات الميكروويف الواردة منه ٦٤٠ فى الثانيــة بما يفيد بأنه نجم نترونى يدور دورة كاملة فى زمن يربو قليلا على واحد من ألف من الثانية • وقد سمى « بالبلسار الميلثانية » •

ولكن لم يطلق نجم نترونى يدور حول نفسه موجات ميكروويف ؟

عمد عدد من علماء الفلك ، من بينهم توماس جولد (١٩٢٠ ـ) الاسترالى المولد ، الى دراسة تلك المسالة ، وفكروا أن نجما بمثل تلك الكثافة القصوى لابد أن يكون له مجال مغناطيسى هائل وأن ذلك المجال

المغناطيسي لابد وأن يلف بشكل حلزوني حول النجم النتروني نتيجة دورانه بتلك السرعة الرهيبة ٠

وباعتبار درجات الحرارة الفائقة على سطح النجم النتروني ، فلنا أن نتوقع تحرر الالكترونات وهي الأجسام الوحيدة التي يمكن أن تتحرك بسرعة كافية تتيح لها التخلص من قوة الجاذبيـــة والانطلاق من سطح النجـــم ٠ وبما أن الالكترونات تحمـــل شـحنة كهربية فسوف تصطدم بخطوط القوة المغناطيسية ولن يتـــاح لهـــا الافلات الا عنـــد القطبين المغناطيسيين للنجم النتروني ٠ واذا كان القطبان المغناطيسيان يقعان على طرفين متقابلين من النجم ، فانهما لا ينطبقان بالضرورة مع طرفي محور الدوران (فالقطبان المغناطيسيان فى الأرض على سبيل المثـال بعيدان تماما عن طرفي محور الدوران) ٠

ومع انطلاق الالكترونات من النجم النتروني وتحركها في مســـار منحن بشكل حاد تفرضه عليها خطوط القوة المغناطيسية ، تفقد بعض طاقتها فى هيئة دفعة اشعاعات من الميكروويف وأشياء أخرى ٠ ومع دوران النجم النترونى يتقاطع أحد القطبين المغناطيسيين ــ وفى بعض الأحيان كلاهما ــ مع خط الرؤية مع الأرض وبالتالى تستقبل الأجهزة دفعة موجات ميكروويف كلما تكرر ذلك ٠ اذن ، النجم النترونى الدوار له نبضات ، وكلما زادت سرعة دورانه ارتفع معدل النبض ٠

وبما أن الاشعاعات قد أعزيت الى الطاقة المفقودة من الالكترونات المحررة ، فلابد أن تشمل كل المجال الطيفى المغناطيسى ، أى نتوقع وفقا لذلك رصد ومضات ضوئية ، على غرار الميكروويف ، منبعثة من النجم النتروني الدوار ٠

غير أن الضوء المنبعث من النباض الاشـــعاعى فى مركز سـديم السرطان يبدو منتظما ٠ ووفقا لهذا الفكر ، يمكن تفسير ذلك بان النجم اذا كان يومض بمعدل ثلاثين مرة فى الثانية ، فسيبدو ضوؤه منتظما تماما مثلما نرى الحركة متصلة فى أفلام السينما بينما هى فى واقع الأمـر شريط من الكادرات الثابتة يعرض بسرعة ١٦ كادرا فى الثانية ٠

وفى يناير ١٩٦٩ ، أى بعد ثلاثة أشهر من اكتشـــاف النباض الاشعاعى فى سديم السرطان ، أجريت أبحاث على ضـوئه باستخدام الستروبوسكوب وهو جهاز لقياس سرعة التردد ٠ وتتلخص فكرة القياس فى اسقاط ضوء النجم على ثقب يفتح لمدة ١ على ٣٠ جزءا من الثانيـة أى انه تم تصوير النجم بزمن تعريض ضئيل للغاية فظهرت صور مضيئة

وأخرى معتمة أى أن النجم يومض بمعدل ثلاثين مرة فى الثانية ، فهو بالتالى « بلسار بصرى » أو نجم ذو نبض بصرى ٠

وذهب جولد الى القول بأنه اذا كان توصيف النباضات الاشعاعية بأنها نجوم نترونية دوارة صحيحا ، فذلك يعنى أن النجوم النترونية تفقد طاقتها بشكل منتظم وبالتالى لابد أن يتضاءل معدل الدوران تدريجيا مع الوقت ، وبالتالى لابد أن يتزايد تدريجيا الفاصل بين النبضات الاشعاعية ٠ ولعلنا نتوقع أن يكون التغير ضئيلا بشكل متناه ولكن لما كانت النبضات بالغة الانتظام فان أى تغير مهما بلغت ضآلته يصبح قابلا للقياس ٠

نستنتج من ذلك أن النباض الاشعاعى فى سديم السرطان ربما كان يتحرك بسرعة ألف دورة فى الثانية ابان أن تكون على أثر الانفجار السوبر نوفا الذى وقع منذ تسعمائة عام ٠ ولعله أيضا قد فقد طاقته بسرعة كبيرة ، فما كان لمعدل دورانه أن ينهار الى ٣٠ دورة فقط فى الثانية الا أن يكون قد فقد على مدى التسعمائة سنة الأولى من عمره ٩٧ فى المائة من طاقته ٠ ووفقا لذلك الاعتقاد ، فما زالت مدة الدورة تطول وسرعة الدوران تقل بمعدل أبطأ وأبطأ ٠

وللتأكد من صحة تفسير جولد أجريت أبحاث دقيقة لقياس مدة الدورة الترددية للنباض الاشعاعى فى سديم السرطان وتبين بالفعل أن سرعة دورانه تقل وأن مدة الفاصل بين النبضات تزيد بواقع ٣٦ر٤٨ جزءا من بليون من الثانية كل يوم أى اذا استمر ذلك المعدل فان الفاصل سيتضاعف على مدى ٢٠٠ عام ٠

وقد اكتشفت بلسارات أخرى تتعرض لنفس الظاهرة ولكن بمدد تردد ابطأ من معدل بلسار سديم السرطان وبالتالى فان السرعة تقل بمعدل ابطأ ٠ ولقد كانت مدة دورة أول بلسار يكتشف تعادل أربعين مثل نظيرتها فى بلسار سديم السرطان ٠ وتبين أن سرعة دورانه تقل بمعدل من شأنه ــ لو استمر بنفس القدر ــ أن تستغرق مضاعفة مدة الدورة زمنا يصل الى ١٦ مليون سنة ٠

ومع تباطؤ سرعة دوران البلسار واستطالة مدة دورانه تتناقص شدة نبضاته ٠ ومع مضى الوقت تتجاوز مدة الدورة أربع ثوان وتضعف قوة النبضات بدرجة لا تكفى لتمييزها عن تلك الواردة من الفضاء المحيط بالبلسار ٠ وعلى ذلك يظل النباض الاشعاعى قابلا للرصد طالما أمكن تمييز نبضاته ٠ ويرجح أن يستمر ذلك لمدة ثلاثة أو أربعة ملايين سنة ٠

غير أن ثمة حالة لم تنطبق تماما مع ذلك الوصف الواضح لتطور البلسار • تتعلق تلك الحالة بالنباض الاشعاعى « المليثانية » المشار اليه آنفا والذى يتم دورته فى زمن يربو قليلا على جزء من ألف من الثانية ومن ثم فلابد وأنه فى مراحله الأولى • غير أن كل خصائصه الأخرى تدلل فى الواقع على انه بلسار ضارب فى القدم ، علاوة على أن مدة دورته لايبدو انها تطول بشكل ملموس •

ماذا يكون من أمره اذن ؟ ما الذى يجعله مستمرا فى الدوران بمثل تلك السرعة ؟ لقد طرحت تفسيرات عدة فى ذلك الحين ويقول أقربها الى المنطق بأن مثل ذلك النباض الاشعاعى تنتقل اليه أجزاء من نجم شريك قريب فتزداد كتلته بما يزيد من سرعته •

أنواع الانفجارات

النوعان ا و ب

ولعل ما يبعث على الدهشة ، بل والسرور ، أن تشـــهد فترة من الزمن لاتتجاوز خمسة عشر عاما اكتشاف نحو ٤٠٠ نجم من نوع لولا أن لعبت الصدفة دورها فى عام ١٩٦٩ لبقيت فى عالم الغيب ٠ ولكن من زاوية أخرى ، يدور سؤال فى الأذهان ، لماذا العدد بهذه الضآلة ؟

لو أن النجوم النترونية هى المآل الحتمى للانفجارات السوبر نوفا وان تلك الانفجارات تتكرر فى مجرة درب اللبانة كل خمسين سنة ، ومع افتراض أن مجرتنا بعثت الى الوجود منذ ١٤ بليون سنة وان معدل الانفجارات السوبر نوفا ظل ثابتا طوال هذا الزمن ، فلابد أن تكون المجرة قد شهدت ٢٨٠ مليون انفجار من هذا القبيل ٠ الا يعنى ذلك أن نتوقع وجود مثل هذا العدد من النجوم النترونية ؟ أى بواقع واحد لكل ٩٠٠ نجم تقريبا فى المجرة ؟ لماذا يقف الرقم اذن عند أربعمائة فقط ؟

لو فكرنا فى الأمر لوجدنا انه لا جدوى من الالتفات الى عمر مجرة درب اللبانة ببلايين السنين مادامت النجوم النترونيـة لا تبقى قابلة للرصد الا لمدة أربعة ملايين سنة أو نحو ذلك ٠ أى أن الغالبية العظمى من النجوم النترونية ستكون ضاربة فى القدم بحيث لايمكن رصدها ، اما تلك التى تكونت على مدى الأربعة ملايين سنة الأخيرة فهى المجموعة الوحيدة التى يمكن أن تطلق نبضات اشعاعيـة على قدر من القوة يتيح استقبالها بأجهزتنا ٠

ولو اقتصرنا على السنين الملايين الأربعة الأخيرة لتناقص عدد ما يعنينا فى هذا المجال من الانفجارات السوبر نوفا الى ثمانين ألفا وبالتالى نتوقع وجود ثمانين ألف نجم نترونى على أقصى تقدير فى مجرتنا قابلة للرصد٠

ولما كانت سحب الغبـار الفضائيـــة تحجب الغالبيـة من تلك

السوبر نوفا ، فليس بوسعنا من الأرض أن نرى سوى الأقليـــة منها . غير أن سحب الغبار لاتحجب غير الضوء بينما تخترقها بسهولة موجات الراديو ، وذلك يعنى أن التلسكوبات اللاسلكية يمكنها رصـــد الموجات الميكروويف المنبعثة من النجوم النابضة حتى لو كان الانفجار السوبر نوفا الأم متواريا لا ترصده التلسكوبات البصرية ٠

ولكن من ذا الذى يقول ان نبضات الميكروويف لابد وأن تكون فى اتجاه الأرض ؟ من المحتمل تماما أن يكون النجم النترونى بدورانه يطلق موجات الميكروويف واشعاعات أخرى فى دائرة لا تصل الى أى نقطة فى الأرض ٠ ولا تتيح لنا التقنيات الحالية رصد مثل ذلك النجم النترونى مهما بلغت طاقته ٠

وعلى ذلك فلو اننا اعتبرنا عدد النجوم النترونية التى يقل عمرها عن أربعة ملايين سنة والتى تنبعث منها الاشعاعات فى اتجـاه الأرض لوجدناه حوالى ألف (بغض النظر عن أن البعض الأكثر تفاؤلا من علماء الفلك يقدرون عددا أكبر من ذلك بكثير) ٠

ولابد أيضا من الأخذ فى الحسبان أن الانفجـــارات السوبر نوفا لا تفضى كلها بالضرورة الى تكون نجم نترونى وذلك من شانه أن يقلل مرة أخرى عدد ما يمكن رصده من تلك النجوم ٠ ولعل الأمر يبدو الآن (وان كان فى ذلك مسحة تشاؤمية فى نظر البعض) أننا نقترب من الحد المذكور لعدد ما يمكن أن نكتشفه من نجوم نترونية ٠

وبدراسة ما شهدته مجرتنا من انفجارات سوبر نوفا منذ أن بدأ زويكى أبحاثه فى الثلاثينات من القرن الحالى استطاع علماء الفلك التمييز بين تلك الانفجارات من خلال الاختلافات فى منحنيات الضوء وخصائص أخرى ٠ ومن المتفق عليه حاليا أن الانفجارات السوبر نوفا تنقسم الى نوعين يرمز اليهما عادة بـ أ ، ب ٠

النوع أ يتسم بقدر أكبر من شدة الاضاءة حيث تصل قيمتهـا المطلقة الى ١٨ر٦ ـ ، أو ما يعادل ٥ر٢ بليون مثل شدة اضاءة شمسنا ٠ ولو أن مثل هذا السوبر نوفا يقع على نفس مسافة رجل الجبار من الأرض لبلغ بريقه فى ذروته حوالى واحد على سبعة من بريق الشمس٠أما النوع ب فهو أقل ضوءيا حيث لايتجاوز بريقه مليون مثل شدة بريق الشمس ٠

الفارق الثانى يتمثل فى أن النوع أ ، ما أن يبلغ ذروة بريقـــه وينتهى منها ، فانه يأفل بأسـلوب بالغ الانتظام ، بينما يتسـم افول النوع ب بعدم الانتظام ٠

الفارق الثالث ناجم عن دراسة التحليل الطيفى لكل منهما ٠ فبينما يوضح تحليل النوع أ ندرة الهيدروجين نجد النوع به غنيا بالهيدوجين ٠

اما الفارق الرابع فيتعلق بالموقع ٠ فالانفجارات السوبر نوفا من النوع ب يقع معظمها فى المجرات الحلزونية ، بل وفى أذرع تلك المجرات٠ أما النوع أ فيتسم بقدر أكبر من العمومية من حيث موقع الانفجار فهو لايقتصر على الأذرع الحلزونية بل يقع أيضا فى القطاعات المركزية من المجرات الحلزونية والمجرات البيضاوية كذلك ٠

والفارق فى موقع السوبر نوفا ينبه مباشرة الى دلالة مهمة ، فالمجرات البيضاوية تعد الى درجة كبيرة خالية من الغبار ، ونجومها صغيرة نسبيا فى مجموعها ، لاتكاد فى أقصى تقدير تزيد فى حجمها على شمسنا وعمرها يناهز أو يعادل عمر المجرة ٠ ينسحب ذلك أيضا على المناطق المركزية من المجرات الحلزونية ٠

أما أذرع المجرات الحلزونية فهى مرتع للغبار كما انها تعد موقعا للعديد من النجوم « الفتية » الثقيلة على نحو ما سنبين فيما بعد ٠

وعلى ذلك ، فالنوع أ من السوبر نوفا لابد وأن يتعلق بنجوم تعادل فى كتلتها كتلة الشمس أو تزيد عليها قليلا ٠ أما النوع ب فلابد وأن يتعلق بنجوم ثقيلة تبلغ كتلتها على أقل تقدير ثلاثة أمثال كتلة الشمس ، بل ربما زادت على ذلك كثيرا فى بعض الحالات ٠

وكلما زادت كتلة النجم كان أقل شيوعا ٠ ولقد وجد أن النجوم الصغيرة نسبيا التى يشملها النوع أ من السوبر نوفا تفوق عدديا عشرة أمثال النجوم الثقيلة التى يشملها النوع ب ٠ ومن ثم فلعنا نتوقع أن يكون النوع أ من الانفجارات السوبر نوفا أكثر شيوعا من النوع ب بنفس النسبة ٠

لكن الأمر غير ذلك ! فالنوعان متساويان فى درجة شيوعهما ٠ نستنتج من ذلك أن النجوم الصغيرة لاينتهى بها المآل كلها الى سوبر نوفا من النوع أ ، بل نسبة ضئيلة منها فقط ٠ ومن ثم فالمواصفات اللازمة لتحول نجم الى سوبر نوفا من النوع أ تعد أدق مما كنا نتصور ٠ فلم يعد الأمر يتعلق بمجرد حجم يناهز حجم الشمس ولكن بنوع خاص من النجوم فى مثل ذلك الحجم ٠

وعند ذلك الحد لابد أن نتناول الاختلافات فى الخصائص الكيميائية بين النوعين من السوبر نوفا ٠ ان النوع أ نفد منه تقريبا الهيدروجين

وذلك يعنى انه فى النهايات الأخيرة من مراحله • فلو أن نجما صـــار بلا هيدروجين ، وأصبح بدلا من ذلك غنيا بالكربون والأكسجين والنيون فهو بلا جدال متقزم أبيض • وبالتـــالى نستنتج أن السوبر نـوفا من النوع أ لابد وأن يتعلق بانفجار متقزمات بيضاء •

ولو أن المتقزمات البيضاء ظلت بمعزل عن التأثيرات الخارجيـــة لما انفجرت ولبقيت مستقرة على حالها • ولكن ، وكما نعلم ، فالمتقزمات البيضاء ليست فى كل الأحوال معزولة • فهى فى بعض الأحيان طرف فى نجم ثنائى متقارب • وفى هذه الحالة ، وعندما يمر قرين المتقزم الأبيض بمرحلة العملاق الأحمر تتطاير كتل منه لتكون قرصـــا متناميا تنتقل أجزاء منه بصفة دورية الى المتقزم الأبيض •

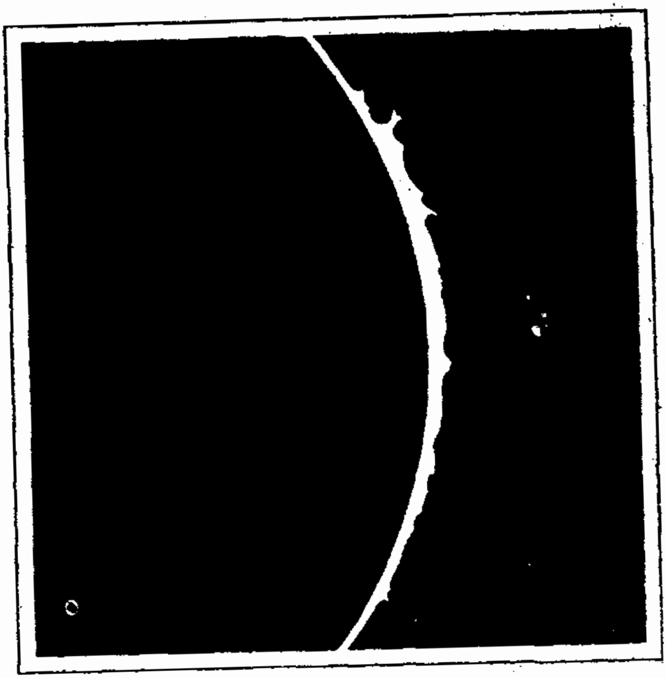
ولقد أوضحنا آنفا أن المادة المنقولة بشكل دورى الى المتقزم الأبيض تتعرض للتسخين والانضغاط لدرجة تصـــل بهـا الى مرحلة الاندماج النووى ، فيحدث انفجار هائل يدفع القرص المتنامى بعيدا • أما عن بريق المتقزم الأبيض فيتضاعف بصـفة مؤقتـة أضعافا كثـيرة مكونا ظاهرة النوفا التى نراها من الأرض ، وتتكرر تلك العملية على فترات قد تكون طويلة أو قصيرة •

وكلما تكررت تلك السلسلة فان جزءا من كتلة القــرص المتنامى يتعلق بالمتقزم الأبيض فتزداد كتلته بشكل تدريجى •

ولكن ماذا سيكون من أمر المتقزم الأبيض لو أن كتلته زادت بدرجة كبيرة ، وبلغت على سبيل المثال ١ر٣ كتلة الشمس ؟ ثم ماذا سـيكون من أمره لو أن قرينه كان مستفحلا لدرجة أن يشكل عند تمدده عملاقا أحمر متعاظم الحجم بحيث يكون معدل ما يلفظه من مادة الى مجال جاذبية المتقزم الأبيض أكبر من المعتاد ؟ وماذا لو اجتمعت الحالتان معا ؟

فى مثـــل هذه الأحـوال تزداد كتلة المتقزم الأبيض بسرعة حتى تتجاوز حد شاندراسيخار (١ر٤٤ مثل كتلة الشمس) وبالتالى يفقد القدرة على الاحتفاظ بحالته •

ويتعرض المتقزم الأبيض للانقباض بسرعة هائلة ويضغط بشدة نويات الكربون والاكسجين • وتحـــدث عملية اندماج نووى شـــاملة وخاطفة بما يسبب انفجارا مروعا يشع على مدى بضعة أسابيع كمية من الطاقة تعادل كل ما ولدته الشمس منذ أن بعثت الى الوجود قبل بلايين السنين • ويمكن القول بايجاز ان ما ينجم عن انقباض المتقزم الأبيض واندماج مادته نوويا ليس مجرد انفجـــار نوفا ولكن ســـوبر نوفا من النــــوع أ •



لم يكن لدى القدماء فكرة
ن ضخامة حجم الشمس،
حتى بعد أن توصلوا إلى
تقدير لحجم القمر .



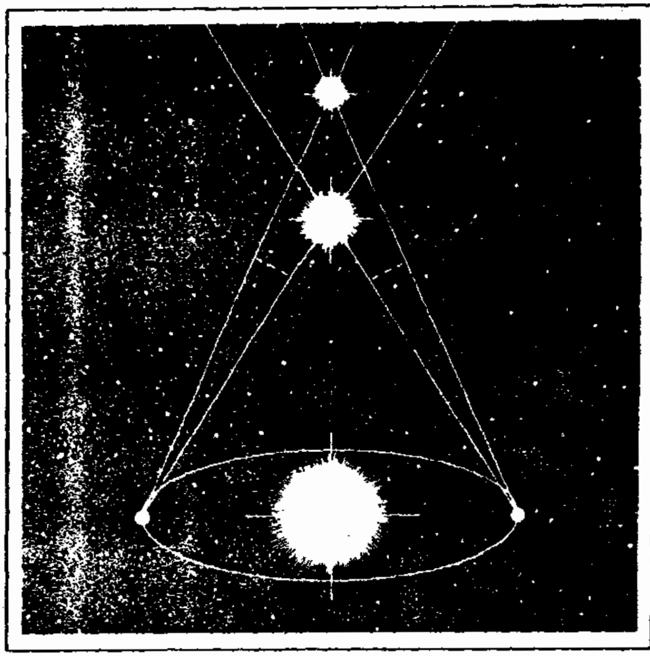
٢ ـ وأخيراً واتت هيبارخوس
فكرة وضع خريطة للنجوم.



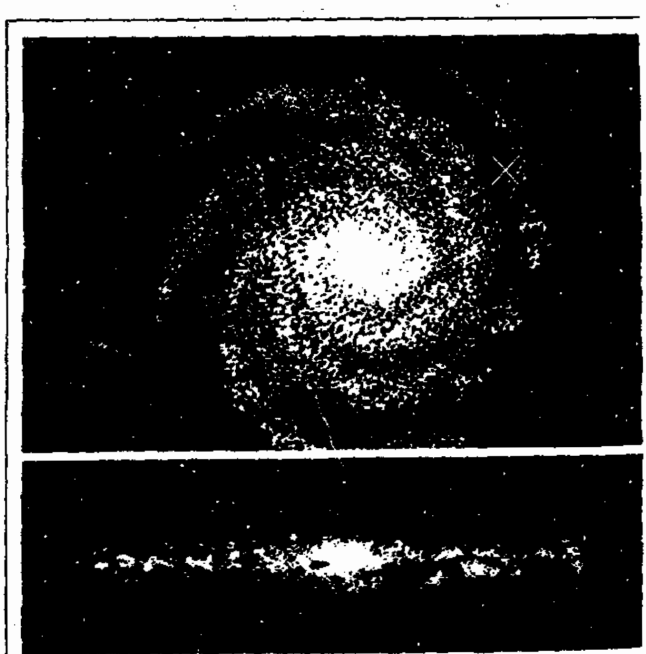
٣ ـ تيكو وقد روعه ظهور
جديد في «السماوات الم



٤ ـ جاليليو ينظر إلى السماء
من خلال التلسكوب الصغير
الذي اخترعه ، ليرى ما لم
يره أحد من قبل.



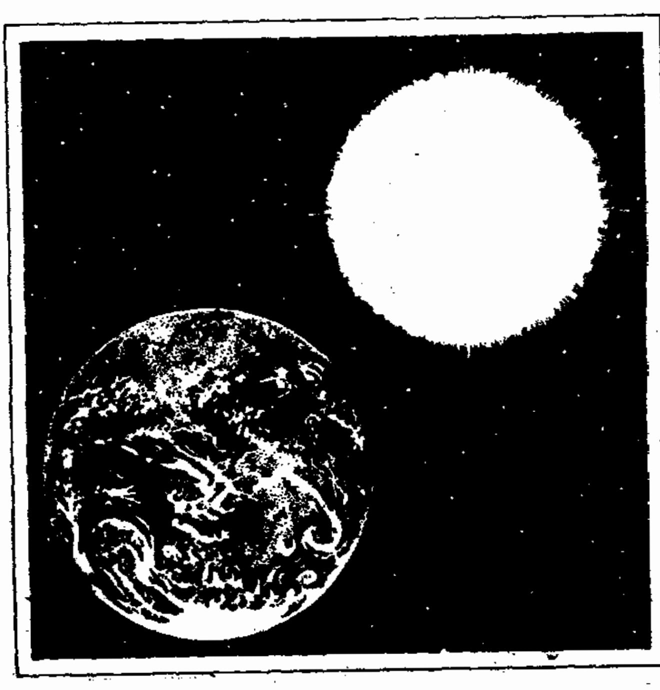
بالرصد من الطرف الأيمن
ار يظهر النجم الأقرب إلى
ـار قليلا من النجم الأبعد.
رصد النجمان من الطرف
ـر للمدار فسيظهر النجم
لأقرب إلى اليمين قليلا من
النجم الأبعد.



٦ ـ أننا نشكل طرفاً في دوامة ضخمة من النجوم، ولكن ليس بوسعنا أن نرى بالعين المجردة إلا القليل في الجوار المتاخم لنا.



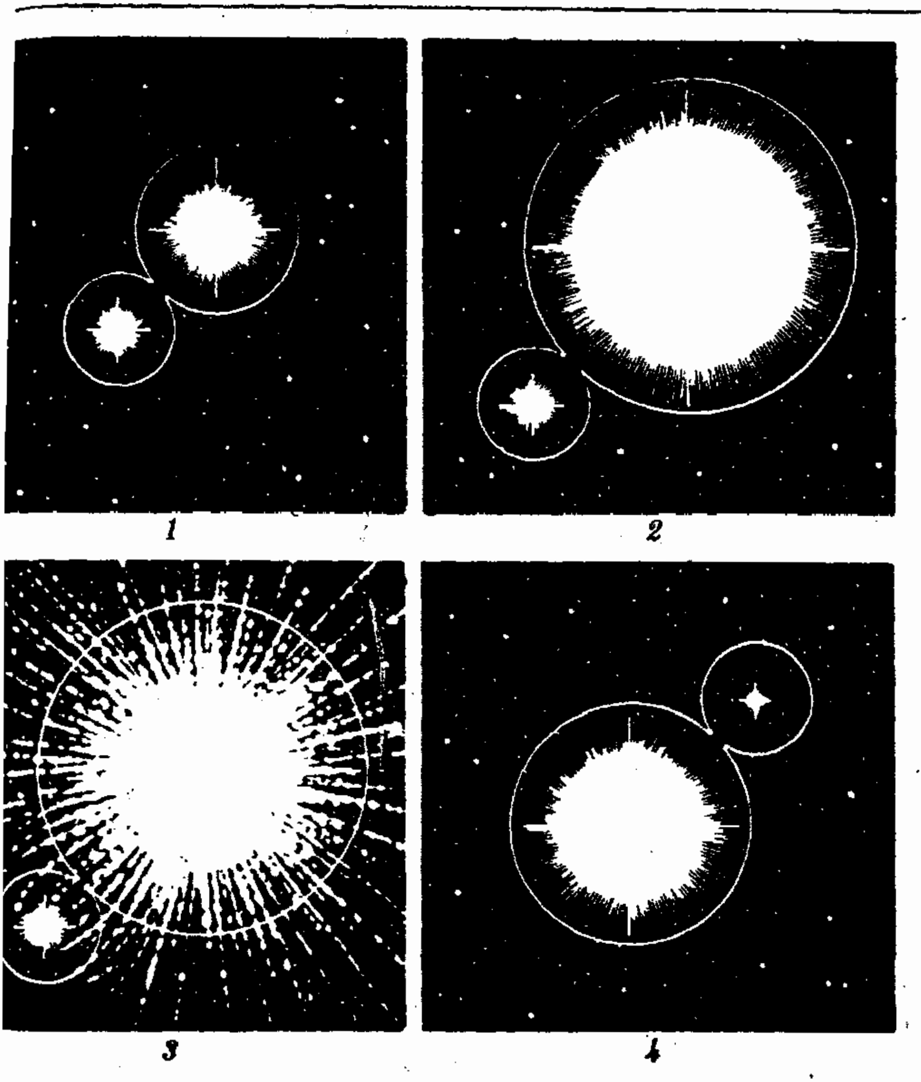
٧ ـ التحليل الضوئى لأشعة الشمس وتحولها إلى قوس قزح ـ مولد عهد جديد للبصريات.



٨ ـ النجم وحجم الكوكب المتقزم الأبيض.



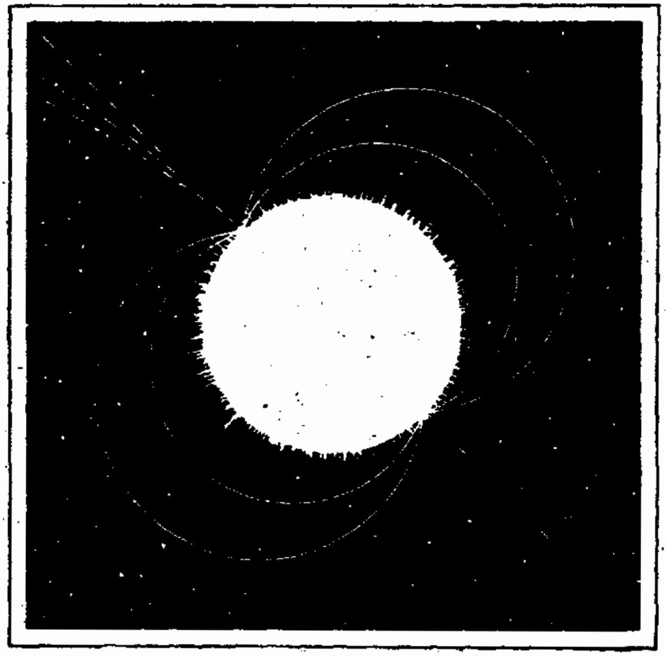
٩ ـ النجم المروع ـ العملاق الاحمر (لاحظ حجم الشمس في الركن السفلي الايسر من الصورة).



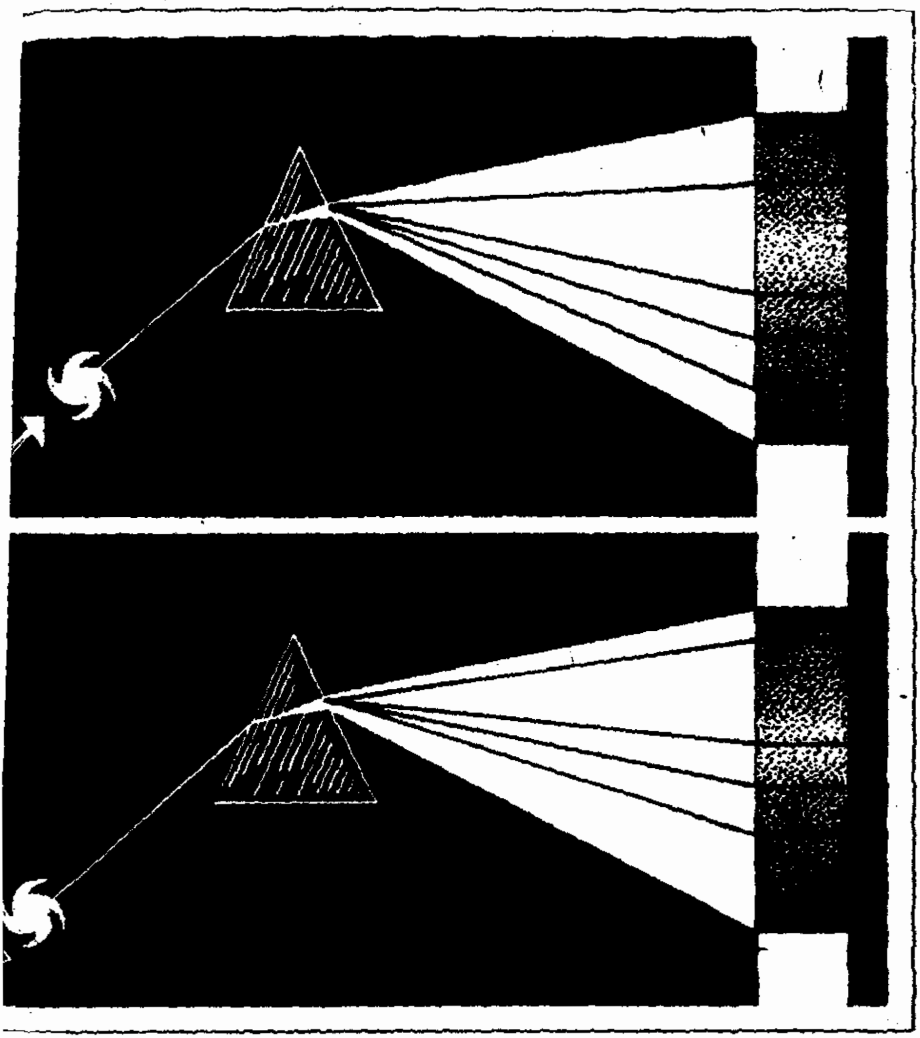
١٠ ـ التفاعل بين نجمين فى ثنائى متقارب، ينمو أحدهما على حساب الآخر هذا ما حدث على الأرجح فى حالة الشعرى اليمانية.



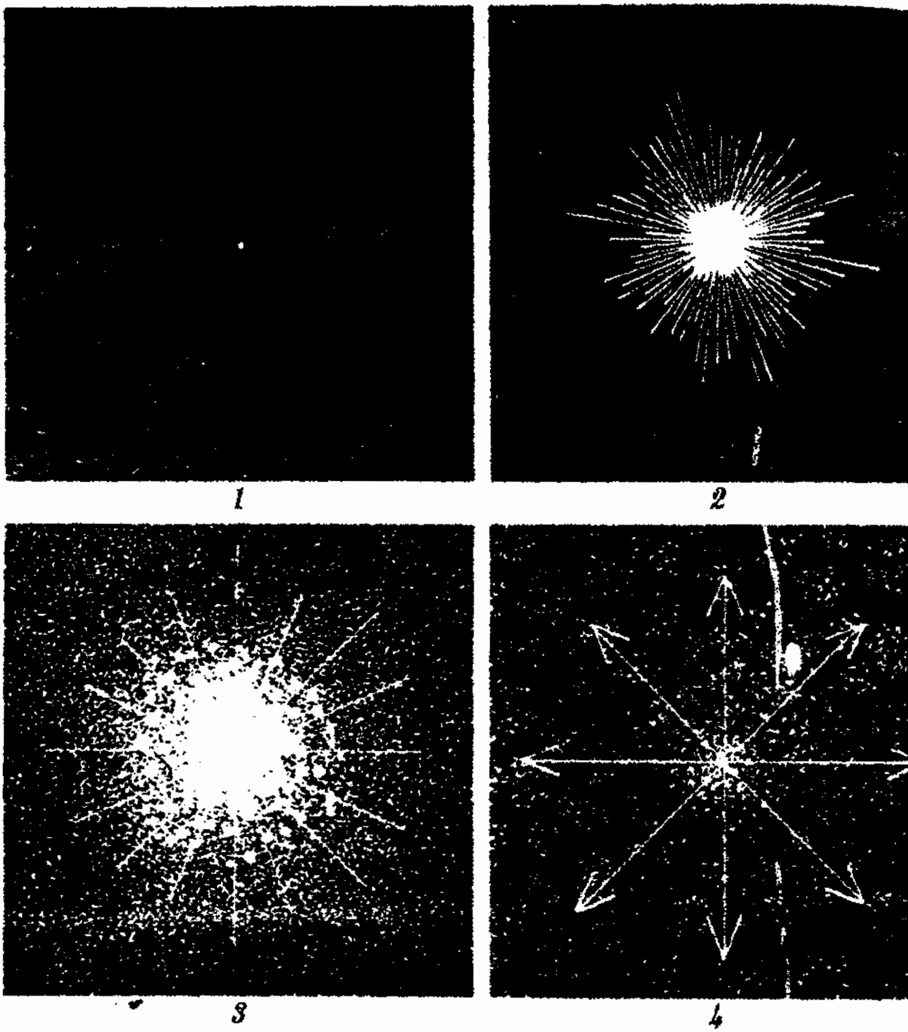
١١ ـ النجم النتروني ومدى ضآلته بالنسبة للقمر.



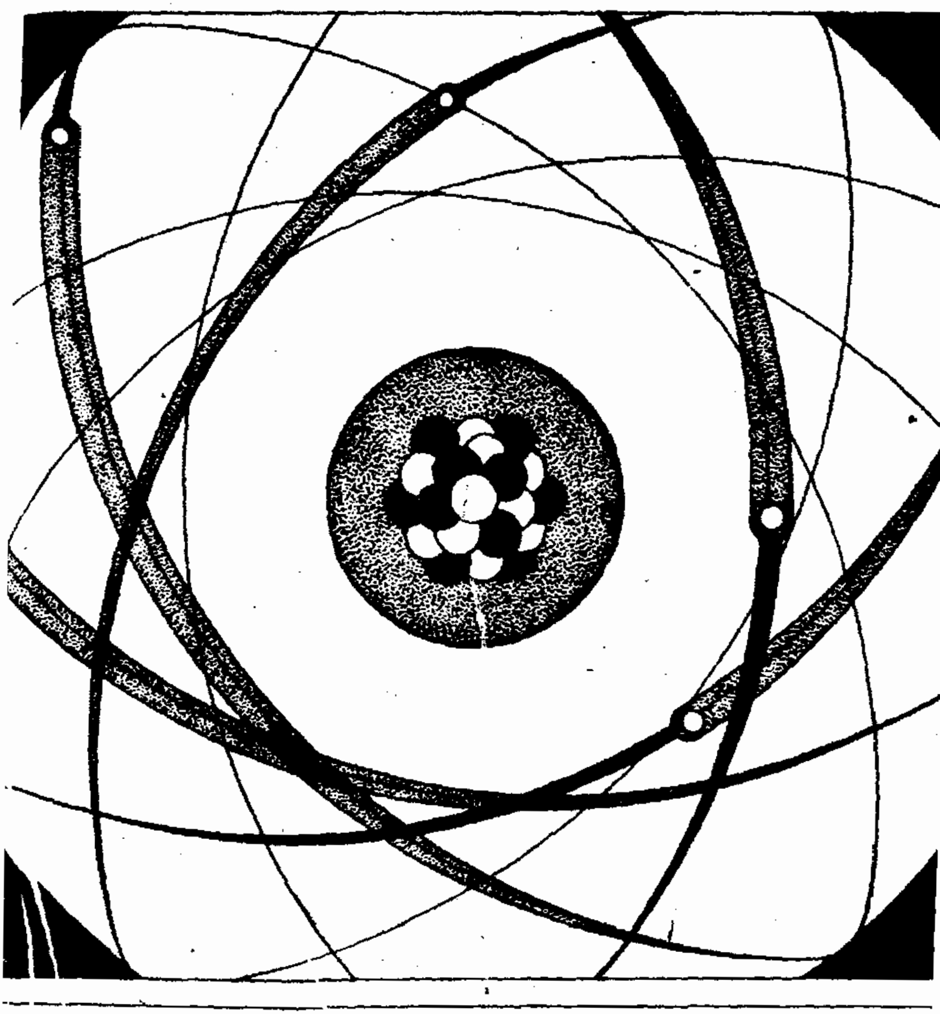
١٢ ـ النجوم النترونية الدوارة تصدر موجات مزدوجة من الميكروويف نرصدها أحيانا على الارض.



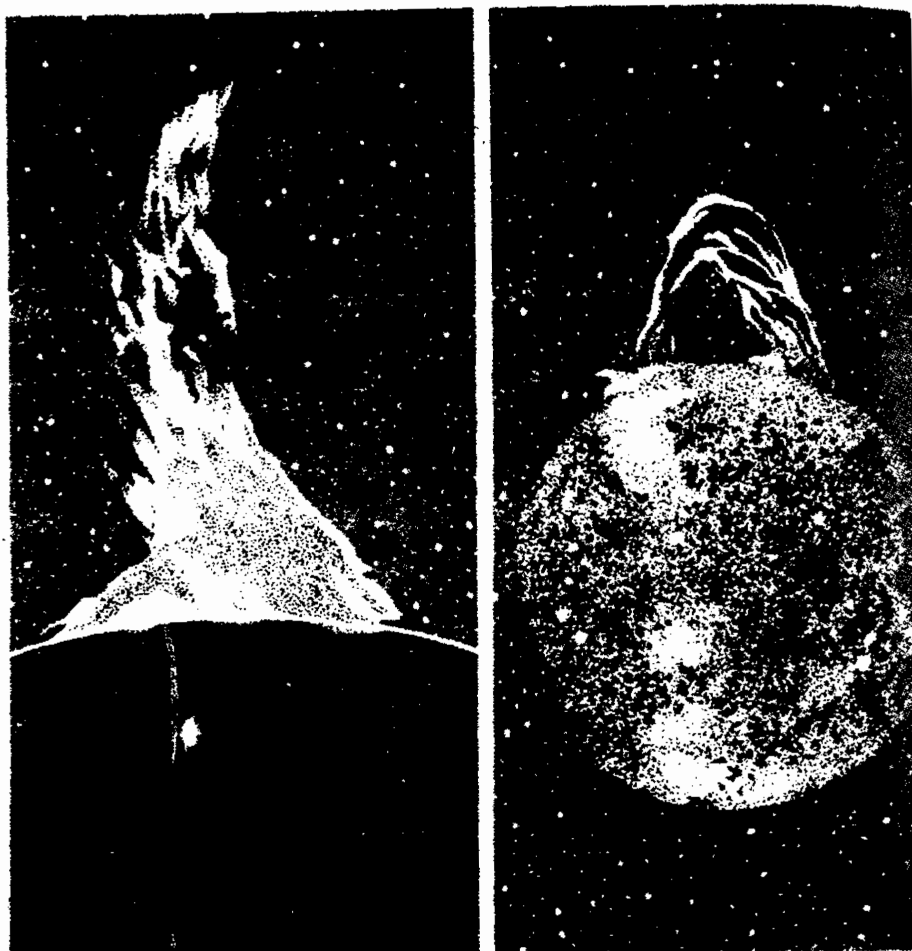
١٢ ـ يوضح التحليل الدقيق لضوء النجوم ما إذا كان النجم يقترب أم يبتعد وبأي سرعة.



١٤ ـ «الانفجار العظيم» هو اضخم انفجار يخطر على البال، ومن المرجح أنه، فى غضون جزء من الثانية، اسفر عن بعث الكون بحجم يكاد يكون هو نفس حجمه الحالى



١٥ ـ النواة المركزية تحتوى على البروتونات والنترونات متراصة منضغطة، أما الالكترونات فهى موجودة فى مدارات حول النواة. وهذا رسم تخطيطى للذرة، حيث أنه لا يمكن رسم شكلها الحقيقي لأنه لا يماثل أى شىء معروف.

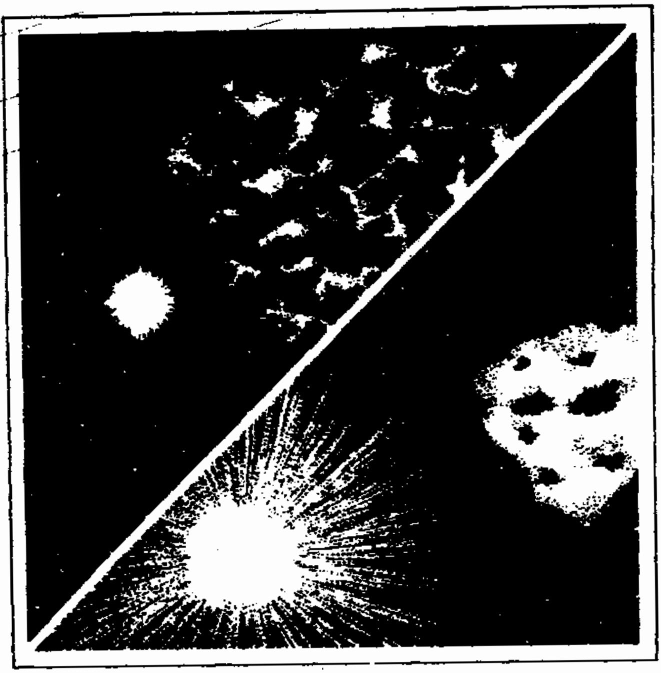


الشواظ الشمسي — الوهج الشمسي

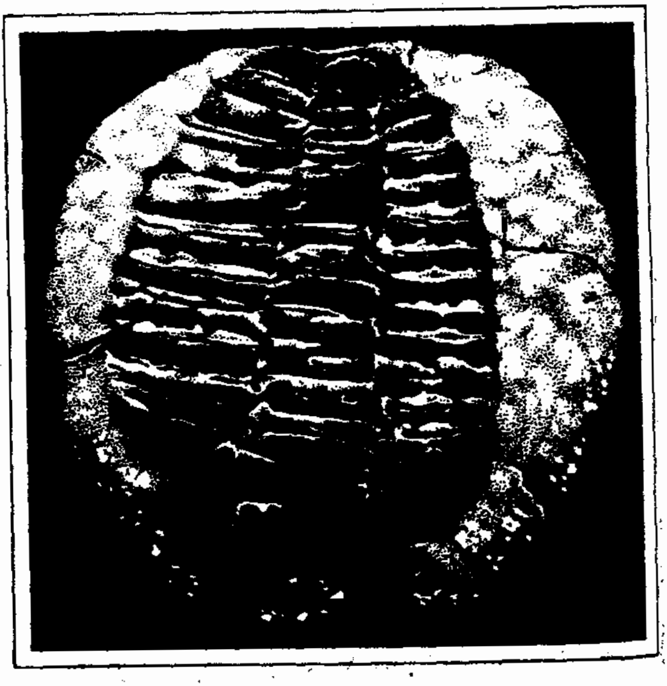
١٦ ـ الوهج الشمسي هو اكثر الظواهر تاججا على سطح الشمس وقد يكون من الشدة بحيث يشعر به البشر على الأرض. أما الشواظ الشمسي فهو أقل تاججا من الوهج ولكنه اكثر إبهاراً



١٧ ـ صورة مقطعية تمثل الجسيمات ذات الشحنة الكهربية تحت تأثير المجال المغناطيسي للأرض. تلك الجسيمات لم تكن مرئية أو تخطر على البال حتى عصر إطلاق الصواريخ.



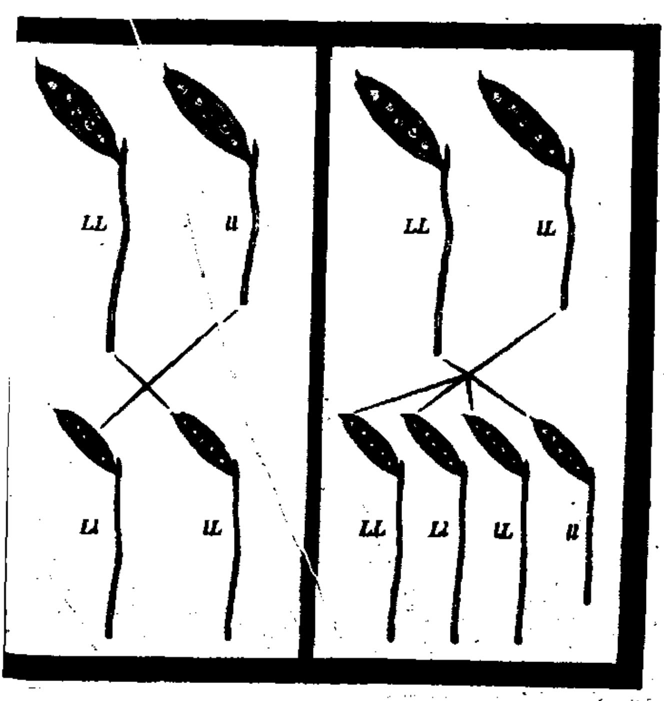
١٨ ـ الانفجار السوبرنوفا
الضخم هو نقطة البداية
لعملية تكون النجوم.



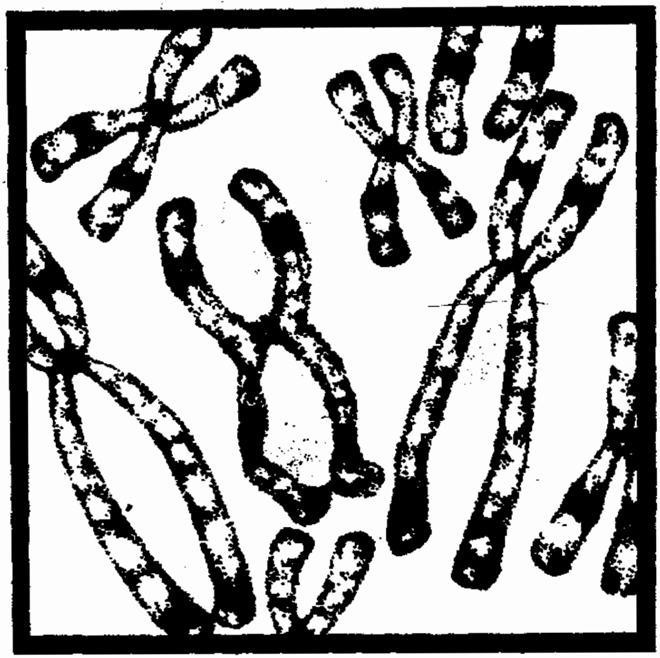
١٩ ـ حفرية كائن حورى مات
منذ نصف بليون سنة.



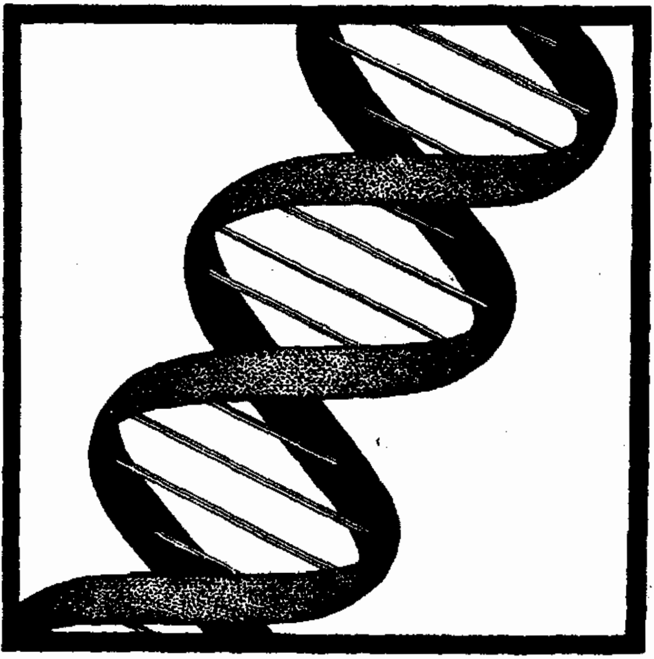
٢٠ ـ طبقة الأوزون طبقة رقيقة ونقية ولكنها تؤدى دوراً حيويا في حماية الحياة من الأشعة الكونية (هذه الأبعاد توضيحية وليست وفقا لمقياس رسم).



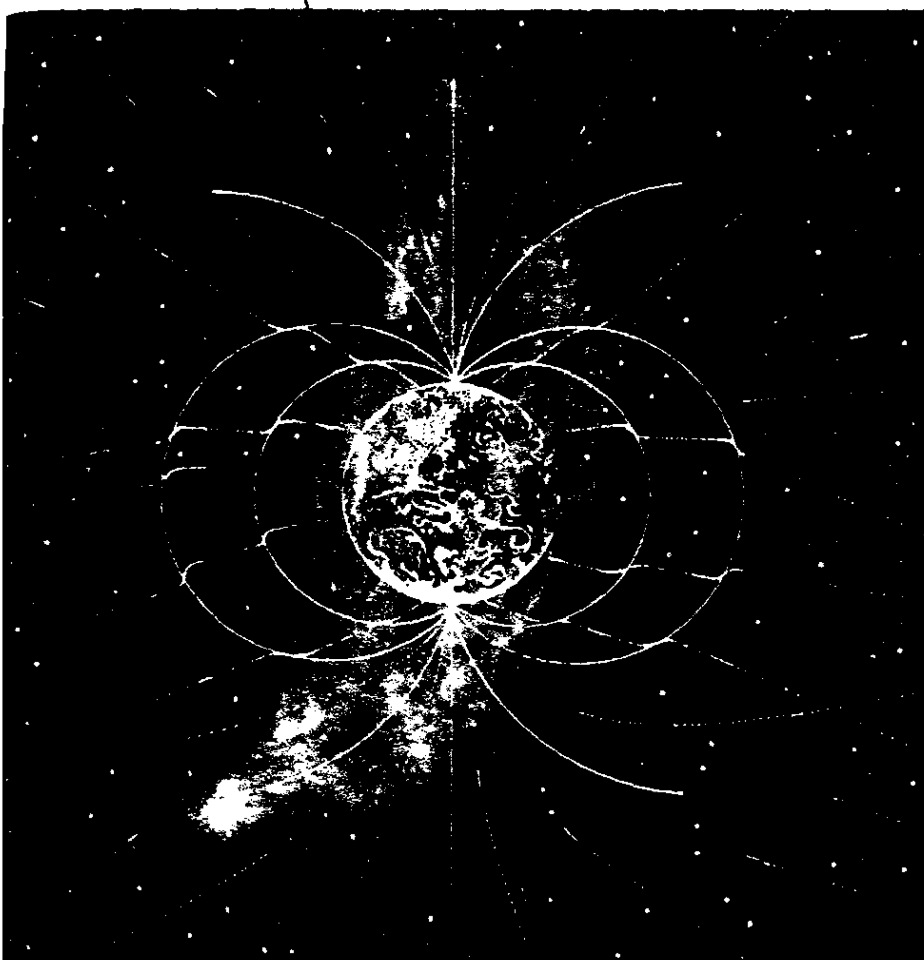
٢١ ـ اكتشف مندل قوانين الوراثة والجينات. أنها من البساطة بحيث يفهمها أى إنسان ولكنها لم تحظ باهتمام أحد قبله.



٢٢ ـ الكروموزومات ـ تلك الاجسام الضئيلة التي تحتوي على ملامح الحياة.



٢٣ ـ الكروموزومات وخلية حمض الديوكسي ريبونو كلييك (د. ن. ا) أنها بصمة الحياة.



٢٤ ـ المجال المغناطيسى للأرض رغم أنه أضعف من طبقة الأوزون إلا أنه يشكل حماية قوية.

ان مثـــل ذلك الانفجـار من شأنه أن يفتت النجم تماما فلا يبقى
ولا يذر ، لا متقزم أبيض ولا نجم نتروني ولكن سحب دوامة متمددة من
الغبار والغازات • وعلى الأرجح فان النوفا الذى رصده تيكو عام ١٥٧٢
وذلك الذى رصده كبلر فى ١٦٠٤ كانا سوبر نوفا من النوع أ ، ولم يتم
فى الحالتين رصد نجم نتروني فى موقعيهما ولا شىء غير السديم •

أما الانفجار السوبر نوفا من النوع ب فهو يشكل أيضـــا نهاية
أطوار بعض النجوم غير أنها تحدث فى مرحلة مبكرة عن النوع أ ، حيث
يقع ذلك الانفجار عندما يصل النجم الى مرحلة العملاق الأحمر ، مع أنه
يكون فى هذه الحالة ثقيلا ، تعادل كتلته ثلاثة أو أربعـــة أمثال كتلة
شمسنا • وكلما كان النجم أكثر كتلة كان العملاق الأحمر أكبر حجما •

ويتسم العملاق الأحمر ذو الحجم الكبير بأنه يتكون من طبقات مثل
ثمرة البصل ، وبأن طبقته الخارجيـــة لاتزال تتكون من الهيدروجـين
والهليوم ، ذلك الخليط الذى يميز النجـــم العـــادى فى مرحلة الطور
الرئيسى • يلى تلك الطبقة للداخل غـلاف يتكون من نويات ذرات أكثر
كتلة مثل ذرات الكربون والنيتروجين والأكسجين والنيون • ثم يأتى
غلاف ثالث غنى بنويات الصوديوم والألمنيوم والمغنسيوم ، فغلاف رابع
ثرى بنويات الكبريت والكلور والأرجون والبوتاسيوم • وعند مركز النجم
يوجد غلاف خامس غنى بنويات الحديد والكوبلت والنيكل •

والملاحظ أن كل غلاف يتكون من نويات ناجمة عن اندماج النويات
الأقل تعقيدا فى الغـلاف المحيط به من الخارج والتفاعلات مستمرة على
حـدود كل غلاف ، عدا فى مركز النجم حيث تتوقف لدى تكون نويات
الحديد والكوبلت والنيكل • وأى تفاعل نووى اضافى تتعرض له تلك
النويات سـواء كان اندماجيـا أو انشطاريا لا يولد طاقة بل على العكس
يمتص طاقة •

ومع تزايد حجم الحديد فى مركز العملاق الأحمر يصل النجم الى
مرحلة لا يقدر فيها على توليد القدر الكافى من الطاقة ليبقى متمددا ،
فتنقبض الطبقات الداخلية بشدة بالغة فتتحرر طاقة الجاذبيـة مسببة
انفجار الطبقات الخارجية من ناحية ، وتأجج عمليات الاندماج النووى
بين نوياتها من ناحية أخرى فيتحرر مزيد من الطاقة • وتلك الطاقة هى
التى تشكل سمات الانفجار السوبر نوفا من النوع ب وهى أيضا التى
تفسح المجال للتفاعلات النووية التى تمتص الطاقة •

اما الجزء المركزى المنقبض الناجم عن انفجار سوبر نوفا من هذا القبيل فمن شأنه أن يتحول مباشرة الى نجم نترونى حتى لو كانت كتلته (بعد استبعاد الطبقات الخارجية المتفجرة) صغيرة بما يتيح تكون متقزم أبيض . فالانقباض فى هذه الحالة يكون فائق الشــدة بحيث يتحول العملاق الأحمر الى نجم نترونى دون المرور بمرحلة المتقزم الأبيض .

الثقوب الســوداء

بل انه من الوارد أيضا الا يسفر انفجار سوبر نوفا من النوع ب عن تكون نجم نترونى .

فبينما كان أوبنهيمر يدرس نظريا فى عام ١٩٣٩ النتائج المترتبة على تكون النجوم النترونية تطرق بالبحث الى التبعات المتوقعــة نتيجة زيادة كتلة النجم . ومن البديهى إنه كلما زادت كتلة النجم اشتدت قوة جاذبيته . ولو ان الكتلة تجاوزت ٢ر٣ مثل كتلة الشمس فان قوة الجاذبية ستزداد لدرجة أن تشكل ضغطا فائقا لا تقوى على تحمله حتى النترونات المتلاصقة ، فتنقبض تلك النترونات ويتقلص النجم النترونى فتزداد كثافته وبالتالى تشتد قوة جاذبيته أكثر فأكثر وتستمر عملية الانقباض بسرعة متزايدة .

وهكذا فما أن تبدأ عملية انقباض النترونات فلا يوجد على حد علمنا سبيل لوقفها . هذا ما بدا لأوبنهيمر فى ذلك الحين وهذا ما يبدو أيضا اليوم لعلمائنا . وكل ما يمكن أن يقال فى هذا المجال أن الضغط يستمر فى التزايد الى ما لا نهاية ويتوالى تقلص النجم حتى يقترب من درجــة الفناء ، ومن ثم ترتفع كثافته الى ما لا نهاية .

ولا يعنى ذلك أن المسألة مقصــورة على مجرد نجم نترونى يتقلص وتزداد كثافتـــه بشكل مضطرد ، فمع اســـتمرار الانقباض يحدث تغــير مهــم .

ولفهم طبيعة ذلك التغير فلنتخيل أولا أن رجلا قذف شيئا ما لأعلى . وتحت تأثير الجاذبية الأرضية ، التى تشـــد هذا الشىء نحو الأرض ، تنخفض سرعته تدريجيا الى أن يتوقف ثم يهوى .

ولو أن قوة الجاذبية لا تتغير مع الارتفاع لتساوى الأمر مهما كان من سرعة الاطاحة بذلك الشىء فى البداية . فذلك الشىء ، سواء ارتفع الى مائة متر أو مائة كيلومتر أو حتى مائة ألف كيلومتر ، ستؤول سرعته فى النهاية الى صفر ثم يهوى الى أن يعود الى الأرض .

غير أن قوة الجاذبية الأرضية ليست ثابتة مع الارتفاع ولكن تقل بنسبة مربع المسافة حتى مركز الأرض ·

ويبعد سطح الأرض عن مركزها بمسافة ٦٣٧٠ كم (٣٩٥٠ ميلا). ولو اعتبرنا نقطة ترتفع عن سطح الأرض بمسافة ٦٣٧٠ كم أى أن المسافة من مركز الأرض قد تضاعفت لوجدنا أن قوة الجاذبية الأرضية قد انخفضت الى ربع قيمتها على سطح الأرض · ويستمر تناقص قوة الجاذبية على هذا النحو كلما ازداد الارتفاع بحيث لو أن جسما يقع على مسافة تعادل ارتفاع القمر لتعرض لقوة جاذبية تساوى $\frac{١}{٣٥٠٠}$ مما كان سيتعرض له على سطح الأرض ·

وعلى ذلك فلو أن جسما قد أطلق لأعلى بسرعة كافية فيمكن أن يتغلب على الجاذبية الأرضية · صحيح أنها ستعمل على ابطائه غير أنها سرعان ما ستفقد قوتها مع استمرار الجسم فى شق طريقه لأعلى ولن تتمكن من ايقافه ، وبذلك يفلت الجسم من مجال الجاذبية الأرضية ليدور فى الفضاء الى ما لا نهاية · غير انه ربما بقى فى مجال جاذبية أجرام أكثر ثقلا من الأرض ـ كالشمس مثلا ـ وقد يصادف اجراما أخرى خلال تجواله فى الفضاء فيلتصق بها أو يتخذ مدارا حولها ·

ولقد عرفت « سرعة الافلات » بأنها الحد الأدنى للسرعة التى يمكن أن يطلق بها جسم من الأرض ليفلت بالكاد من مجال جاذبيتها · وتقدر تلك السرعة بالنسبة للأرض بـ ٢ر١١ كم (٩ر٦ ميلا) فى الثانية ·

وكلما ازداد الجرم ثقلا ، تعاظمت قوة جاذبيته ، واقتضى التغلب على مجال جاذبية ذلك الجرم ، سرعة افلات أكبر · وتقدر سرعة الافلات على سطح كوكب المشترى بـ ٥ر٦٠ كم (٥ر٣٧ ميلا) فى الثانية أما على سطح الشمس فتقدر بـ ٦١٧ كم (٣٨٣ ميلا) فى الثانية ·

ولو أن نجما تعرض للتقلص فان قوة الجاذبية على سطحه تشتد بشكل مطرد مع اقتراب السطح من المركز ، حتى لو لم تتغير كتلته الاجمالية ، وعلى سبيل المثال فالشعرى اليمانية ب ، وهو أول متقزم أبيض يتناوله علماء الفلك بالبحث ، كتلته تعادل تقريبا كتلة الشمس ولكن سطحه أقرب كثيرا الى مركزه من حالة الشمس ، وبالتالى فان قوة الجاذبية على سطحه تفوق بدرجة كبيرة نظيرتها على الشمس ، ولذلك تصل سرعة الافلات على سطح الشعرى اليمانية ب الى ٤٩٠٠ كم (٣٠٣٨ ميلا) فى الثانية ·

وكلما ارتفعت سرعة الافلات من جرم لآخر ازدادت صعوبة انفصال أى جسم عن ذلك الجرم وبالتالى تضاءل ذلك الاحتمال ٠

وفى الربع الأخير من القرن الحالى طور الانسان الصواريخ لتنطلق بسرعات تكفى للتغلب على الجاذبية الأرضية ولكن لو ارتفعت الجاذبية على سطح الأرض لتصل الى قيمة نظيرتها فى المشترى (دون أن يمس الانسان ضر) لما كفتنا خبراتنا التكنولوجية لاطلاق صواريخ الى الفضاء ٠

وفيما يتعلق بالنجوم النترونية ، فلو أن أحدها يعادل الشمس فى كتلته لبلغت سرعة الافلات على سطحه مائتى ألف كم (١٢٤ الف ميل) فى الثانية ٠ وعند ذلك الحد ، لايقتصر الأمر على مجرد عجز الإنسان بخبراته الحالية ، بل ثمة شبه استحالة أن ينطلق أى شىء من مثل ذلك السطح ٠ والأجسام الوحيدة التى يمكن بطبيعتها أن تتحرك بسرعة تتيح بها الانطلاق من سطح نجم نترونى لابد وأن تكون جزيئات ذات طاقة هائلة وكتلة ضئيلة أو بلا كتلة على الاطلاق ، وتتوافر تلك السمات فى الالكترونات التى تكون الضوء والاشعاعات المماثلة ٠

ولو أن نجما نترونيا انقبض ، فان قوة جاذبيته ستتضاعف بلا حدود كذلك سرعة الافلات على سطحه ٠ وعند حد معين تصل سرعة الافلات الى ثلاثمائة ألف كم (١٨٦ ألف ميل) فى الثانية ٠ وتلك هى سرعة الضوء فى الفراغ وهى السرعة التى قال عنها العالم الألمانى المولد البرت اينشتين (١٨٧٩ ـ ١٩٥٥) فى عام ١٩٠٥ انها أقصى سرعة فى الكون ، ولايمكن لشىء له كتلة أن يبلغ تلك السرعة ، بل حتى الجزيئات التى لا كتلة لها لايمكن أن تتجاوزها ٠

معنى ذلك أن النجوم النترونية المتقلصة اذا بلغت تلك المرحلة ، فلا يمكن لأى شىء أن ينفصل عنها (الا فى بعض الظروف النادرة التى لاتعنينا فى هذا المجال) ، وأى شىء يرتطم بمثل تلك النجوم فكأنه قد وقع فى ثقب لاقاع له ولا سبيل مطلقا للفكاك منه ، بل حتى الضوء لايمكن أن يفلت منه ، ولقد استخدم العالم الأمريكى جون ارشبالد ويلر (١٩١١ ـ) لفظ الثقب الأسود للدلالة عليه ومازال ذلك اللفظ مستخدما حتى الآن ٠

يستتبع ذلك اذن ، انه لو زادت الكتلة المركزية الناجمة عن انفجار سوبر نوفا عن ٣٫٢ مثل كتلة الشمس فانها ستتعرض لانقباض ساحق يؤول بها الى ثقب أسود ، فلا متقزم أبيض ولا نجم نترونى ٠

وهكذا ، فاذا كانت الانفجارات السوبر نوفا من النوع ب كثيرا ما تؤول الى نجوم نترونية ، فكثيرا أيضا ما تؤول الى ثقوب سوداء ٠

وبالتالى ، وبما كانت النجوم النترونيـــة لاتنجم الا عن نوع واحـــد من الانفجارات السوبر نوفا ، بل وليس فى جميع الأحوال ، فليس لنا أن نندهش لكون عدد النجوم النابضة أقل مما يوحى به عدد السوبر نوفا ٠

ويعتبر رصد الثقوب السوداء من الأمور شبه المستحيلة ٠ وذلك وجه اختلاف عملى مهم يميزها عن النجوم النترونية ٠

واذا كانت الموجات الاشعاعية التى تنبعث من النجم النترونى تتيح رصده بشىء من اليسر ، فما من شىء ذى بال ينبعث من الثقوب السوداء ، ولا أى نوع من الاشعاع ٠ ومن ثم لا تصلح التقنيات العادية المستخدمة مع الاجرام الأخرى فى رصد الثقوب السوداء المعزولة ٠

ولذلك فلا مجال لأن نرصد ثقبا أسود معزولا الا لو كان على درجة كافية من الثقل والقرب من الأرض ، أو كليهما معا ، تتيح له التأثير على مجال الجاذبيـــة ، ومن الوارد نظريا أن يكون ثمـة ملايين من الثقوب السوداء فى مثل كتلة النجوم العادية ومنتشرة فى المجرة دون أن ندرك أو نعى ٠

غير أن بعض الاشعاعات يمكن أن تنبعث من جوار الثقب الأسود ان لم يكن من الثقب ذاته ٠ ولايمكن فى الواقع أن يكون الثقب الأسود معزولا بشكل مطلق ٠ فغالبا ما توجد أجسام على مقربة منه حتى لو اقتصر الأمر على شعيرات الغبار والذرات الموجـودة فيما بين النجوم والكواكب فى الفضاء ، والجزيئات التى تقترب من الثقب الأسود ، حتى لو كانت مسحة عشوائية ، فانها تتخذ مدارا حوله فى اطار قرص متنام ٠ وشيئا فشيئا تعرج داخل الثقب وتطلق اشـــعاعات سينكروترونية على هيئة أشعة سينية ٠

غير ان الأشعة السينية المنبعثة من ثقب أسود لايحيط به ســـوى المادة السابحة فى الفضـــاء تكون من الضعف بحيث يصعب رصـــدها ان لم يكن مستحيلا وبالتالى فهى لاتوفر أى معلومة مفيدة ٠

ومع ذلك فلنفترض وجود الثقب الأسود بجوار مصدر كبير للمادة بحيث تعرج بشكل منتظم كتل كبيرة منه الى داخل الثقب بمـــا يفسح المجال لانطلاق أشعة سينية قوية ٠ ان ذلك ليحدث لو اننا بصدد ثنائى متقارب من ذلك القبيل الذى من شـــأنه ـ لو أن أحـد طرفيه متقزم أبيض ـ أن يسفر عن وقوع انفجار نوفا أو سوبر نوفا من النوع أ ٠

ولو كان أحـــد طرفى الثنائى ثقبـــا أسود فلا مناص من وقوع انفجار ٠ اذ مع استمرار انتقال المادة الى الثقب الأسود ستتزايد كتلته

وبلا قيود . غير أن الأشعة السينية الناجمة عن تلك العملية ستنبعث باستمرار من مكان لايمكن رؤية شيء فيه .

ولذلك فقد تكرس اهتمام علماء الفلك بمصادر الأشعة السينية .

وفي عام ١٩٧١ رصد القمر الصناعي أوهورو المجهز لاستقبال الأشعة السينية تغيرا غير منتظم في أحد المصادر القوية لتلك الأشعة . ويبعث ذلك على الاعتقاد بأن المصدر المعني ليس نجما نترونيا ويرجح في نفس الوقت احتمال أن يكون ثقبا أسود .

وسرعان ما تركز الاهتمام على ذلك المصدر ورصدت موجات لاسلكية تنبعث منه وسجلت بدقة بالغة . ويقع ذلك المصدر على مقربة من نجم مرئي يرمز له في السجلات برمز اتش . دى ٢٢٦٨٦٨ وهو نجم ساخن ، ضخم الحجم وساطع ، يعادل نحو ثلاثين مثل الشمس في كتلته . وقد تبين بالفحص الدقيق أن ذلك النجم ثنائي يتحرك في مدار تستغرق دورته ٥ر٦ يوما . ويستنتج من طبيعة المدار أن الطرف الآخر في الثنائي تتراوح كتلته بين خمسة وثمانية أمثال كتلة الشمس .

لكن النجم القرين غير مرئي رغم أنه مصدر قوى للأشعة السينية . وما دام غير مرئي ، فلابد أنه بالغ الضآلة . ولما كانت كتلته كبيرة بدرجة تتجاوز المتقزم الأبيض أو النجم النتروني يتجه التفكير الى أن يكون ثقبا اسود .

علاوة على ذلك تشير الدلائل الى أن النجم اتش . دى ٢٢٦٨٦٨ يتعرض للتمدد بما يبعث على الاعتقاد بأنه مقبل على مرحلة العملاق الأحمر . وبالتالي يرجح أن بعض كتلته تنفصل منه وتعرج الى قرينه الثقب الأسود . وربما كان القرص النامي حول ذلك الثقب هو مصدر الأشعة السينية .

ولو سلمنا بأن قرين النجم اتش . دى ٢٢٦٨٦٨ ثقب أسود (والأدلة مازالت غير مباشرة) فلا شك أنه من رواسب انفجار سوبر نوفا سابق .

الكون المتمدد

ورغم ان السوبر نوفا انفجارات هائلة ، تفوق بمراحل حد الخيال ، فانها ليست أعظم انفجارات كونية ، فمن المجرات ما يعرف « بالمجرات النشطة » وتتميز بأن جوفها بأكمله متفجر بما يولد كميات ضخمة من

الطاقة على فترات زمنية طويلة تتجاوز كثيرا ما ينجم عن السوبر نوفا . وليس ذلك بنهاية المطاف .

وقبل أن نمضى الى أبعد من ذلك ، الا يصسبح أن نبدأ فى بحث ما يمكن أن يكون للانفجارات السوبر نوفا من تاثير علينا .

ولعلنا نتساءل : هل للانفجارات السوبر نوفا أى تأثير علينا ؟ هل ذلك من خصائصها ؟

انه ليبدو للوهلة الأولى انها لاتعنينا فى الواقع بأى شكل من الأشكال ، فكسور ضئيلة من اعداد النجوم الموجودة منذ الأزل تتعرض لانفجارات نوفا أو سوبر نوفا ولا يلوح فى المستقبل القريب أى احتمال لأن يتعرض نجم قريب منا لمثل تلك الانفجارات .

ولو أن شمسنا من ذلك النوع من النجوم التى يمكن أن تتحول فى يوم من الأيام الى نوفا أو سوبر نوفا لاستحوذ ذلك على اهتمامنا بشىء من الانبهار المشوب بالفزع ولكن شمسنا فى مأمن من ذلك . فلا هى ثقيلة بالقدر الذى يعرضها لانفجار سوبر نوفا من النوع ب ولا هى طرف فى ثنائى متقارب ومن ثم فلن تتحول الى سوبر نوفا من النوع أ ولا حتى الى أى نوع من أنواع النوفا العادية .

ولعله من المنطقى القول بأنه من المستبعد أن يكون أى من النجوم القابلة للانفجار مصحوبا بكوكب تقوم عليه حياة عاقلة .

فالنجوم التى تتسم بقدر من الكتلة يتيح تحولها الى سوبر نوفا من النوع ب ، لايتسع المجال لبقائها ــ وهى بهذا الوزن ــ فى مرحلة الطور الرئيسى زمنا يكفى لارتقاء الحياة فيها لدرجة تكون مخلوقات عاقلة .

أما لو لم يكن فى مثل كتلة الشمس ، بل كان نجما فى ثنائى متقارب بحيث يحتمل أن يأتى اليوم الذى يشهد انفجاره على هيئة نوفا أو سوبر نوفا من النوع أ ، فليس من شأنه أن يوفر لأى كوكب يتخذ مدارا حوله القدر الكافى من الاستقرار بما يتيح ارتقاء الحياة على سطحه .

وما دام الأمر كذلك فماذا يعنينا اذن من تلك الانفجارات النوفا والسوبر نوفا ؟ ألا يمكن القول بأننا لا نجنى شيئا من ورائها خيرا كان أم شرا ، الا ما نراه بين الحين والحين من وميض عارض لأحد النجوم الساطعة فى السماء ، والأحرى بنا أن ندع أمرها لعلماء الفلك وكتاب الخيال العلمى ؟ .

وربما جاز الركون الى مثل تلك النتيجة لو لم يكن لدينا أدنى اهتمام أو فضول لمعرفة كيف نشأ الكون الذى نعيش فيه ، وكيف تكونت الشمس والأرض وكيف تطورت الحياة وما المخاطر التي يمكن أن نواجهها في المستقبل ـ فالنجوم المتفجرة تلعب دورا جوهريا فى كل من تلك الأمور ٠

ولعلنا نبدأ بالسؤال كيف نشأ الكون ؟

حتى عهد قريب ، كان من المسلم به فى معظم الثقافات (ان لم تكن كلها) ، بما فيها ثقافتنا بالطبع ، أن الكون نشأ وتكون بعمل سحرى أتى به كائن خارق ، وذلك على مدى فترة وجيزة لا ترجع الى زمن سحيق٠

ويتمثل الرأى السائد فى ثقافتنا فى أن الكون خلقه الله فى ستة أيام منذ ستة آلاف سنة ، وليست ثمة دلائل مادية على ذلك ولا يقوم هذا الاعتقاد الا على ما ورد فى الباب الأول من سفر التكوين التوراتى ٠ ومع ذلك فقد تجرأ البعض على ابداء ما لديهم من شكوك حول ذلك الأمر ٠

ولما أثبت علم الفلك الحديث أن الكون فسيح ، وكلما تقدم العلم اتضح أنه أكبر وأكبر الى أن بلغ درجة غير مفهومة من الضخامة صار من العسير ، بل من المستحيل لانسان عاقل أن يؤمن بأن ما ورد فى التوراة عن الخلق صحيح حرفيا ٠

ولكن فى المقابل لم تسفر الأبحاث الفلكية حتى الآن عن شىء يمكن أن يشكل تفسيرا للخلق يستند الى الطبيعة البحتة ٠

واذا كانت نظرية لابلاس عن السديم قد أتت بتفسير مهم ومعقول حيث أعزى نشأة النظام الشمسى وتطوره الى كتلة من الغبار والغازات تدور بسرعة بطيئة ، فمن أين جاء الغاز والغبار ؟

ولو أن كل النجوم فى المجرة تكونت بنفس الطريقة ، فلابد أن تكون هناك فى الأصل كتلة من الغبار والغازات فى مثل حجم المجرة لينبثق منها البلايين من النجوم والكواكب ٠ ولما أدرك الانسان فى العشرينات من القرن الحالى أن ثمة عددا لايحصى من المجرات ٠ فذلك يعنى أنه كان ثمة عدد لايحصى من مثل تلك الكتل من الغبار والغازات ٠ فمن أين جاءت ؟ وكيف لانسان أن يبحث فى أصل مثل تلك الكتل الضخمة من الغبار والغازات المنتشرة فى كون يبلغ قطره ملايين الفراسخ دون أن يعود الى التفكير فى قوة خارقة عظمى ذات قدرة مطلقة ؟!

غير أن بعض المشاهدات التي جرت في العقد الثاني من القرن الحالي ، ولاتمت بصلة لهذا الموضوع ، أسفرت عن ثورة فى تفكيرنا فيما يخص ذلك الأمر •

بدأ ذلك بنجاح عالم الفلك الأمريكى فستو ملفين سليفر (١٨٧٥ ـ ١٩٦٩) فى ١٩١٢ فى اجراء تحليل طيفي لمجرة اندروميدا (ولم يكن قد عرف بعد أن سديم اندروميدا ان هو الا مجـرة) • ولقد تبين له من التحليل أن تلك المجـرة تتحرك فى اتجـاهنا بسرعة مائتى كيلومتر (١٢٤ ميلا) فى الثانية •

ولقد توصل الى تلك النتيجة بعد أن لاحظ أن الخطوط المعتمة فى التحليل الطيفى تتحرك من وضعها الطبيعى صوب اللون البنفسجى فى نهاية الطيف • واستنتج من اتجاه الحركة أن مجرة اندروميدا تقترب من الأرض ثم حسب سرعة الاقتراب بقياس مقـدار الحركة ، وقد بنى حساباته على نظرية وضعها فى عـام ١٨٤٢ الفيزيائى الاسترالى جوهان كريستيان دوبلر (١٨٠٣ ـ ١٨٥٣) •

وكانت نظرية دوبلر تطبق فى بداية الأمر على الموجات الصوتيـة غـير أن الفيزيـائى الفرنسى أرمان فيزو (١٨١٩ ـ ١٨٩٦) أثبت فى عام ١٨٤٨ أنها مطبقة أيضا على الموجات الضوئية •

وتقول « نظرية دوبلر فيزو » ان تحرك خطوط الطيف لأى مصدر ضوئى ـ سواء كان شمعة أو نجما ـ صـوب اللون البنفسجى يعنى أن ذلك المصدر يقترب • واذا كان التحرك صوب اللون الأحمر فالمصـدر يبتعـد •

وأول من طبق ذلك المبدأ فلكيا هو وليم هوجينز ، حيث اكتشف فى عام ١٨٦٨ أن النجم الشعرى اليمانية يأتى « بزحزحة حمـراء » طفيفة ومن ثم فهو يبتعد عنا • وشهدت السنوات التالية دراسات مماثلة على عـدد من النجـوم وتبين أن بعضهـا يقترب وبعضها يبتعد بسرعات متباينة تصل الى مائة كم (٦٢ ميلا) فى الثانية •

ولقـد كان لنظرية دوبلر ـ فيزو سمة مهمة • فلو أن أحدا حاول قياس الحركة الحقيقية لنجم (أى حركتـه المتعامدة على خط البصر) لما نجح الا لو كان ذلك النجم قريبـا ، ولذلك كان عدد النجوم التى أمكن قياس حركتهـا الحقيقية ضئيلا للغـاية • أما الحركة القطرية (أى فى اتجاهنا سواء بالاقتراب أو التباعد) فيمكن قياسها لأى نجم مهما بعد عن الأرض شريطة ان يكون له من الضوء ما يتيح تكوين الطيف •

وما أن أمكن التقاط طيف لمجرة اندروميدا وتصويره لم يعد بمشكلة أنه يبعد عن الأرض مسافة سبعمائة ألف فرسخ (وهو ما لم يكن يعلمه سليفر) • فقد طبقت عليه نظرية دوبلر ـ فيزو مثلما تطبق على الشعرى اليمانية أو حتى على شمعة قريبة • وقد ظهرت « الزحزحة البنفسجية » فى طيف مجرة اندروميدا بما يعنى أنهـا تقترب من الأرض ، ولم يكن ذلك بمفاجأة • وربما كان تقدير سرعة الاقتراب كبيرا الى حد ما ، اذ لم يكن قد رصـد بعد أى نجـم يقترب أو يبتعد بمثل تلك السرعة ، وعلى أى الأحوال فتلك القيمة لاتختلف كثيرا عن الواقع •

ثم عمد سليفر الى دراسة أطياف ١٤ مجرة أخرى (أو سديما على نحو ما كان يعتقد) ووجد أن واحدة منها تقترب من الأرض مثل مجرة اندروميدا • أما المجرات الأخرى فكلهـا تبتعد وبسرعات تزيد بدرجة ملموسة على مائتى كم (١٢٤ ميلا) فى الثانية •

وهذا ما كان له وقع المفاجاة ، غير أن ما اكتشف بعد ذلك يبعث على قدر أكبر من الدهشة •

ولما اكتشف فى العشرينات أن السدم البيضاء ان هى الا مجرات بدأ عالم الفلك الأمريكى ميلتون لاسال هوماسون (١٨٩١ ـ ١٩٧٢) بالتعاون مع هوبل فى تصوير أطياف مئات المجرات ، ووجدها جميعا ـ بلا استثناء ـ تسفر عن زحزحة حمراء : كلها تبتعد عن الأرض •

علاوة على ذلك ، فكلما كان ضوء المجرة أضعف (أى كلما كانت أبعـد) كانت الزحزحة أكبر وسرعة التبـاعد أعظم • وفى عـام ١٩١٩ استنتج هوبل أن ثمة قاعدة عامة تحكم تلك الظاهرة وقد أطلق على تلك القاعدة اسم « قانون هوبل » • تقول تلك القاعدة بأن سرعة تباعد المجرة تتناسب طرديا مع بعـــدها عن الأرض • فلو أن مجرة تبعد عن الأرض خمسة أمثال بعد مجرة ما فان الأولى ستتباعد بسرعة تعادل خمسة أمثال سرعة الثانية •

كان قانون هوبل يعتمد كليا على المتابعة ـ أى على قياس الزحزحة الحمراء لمختلف المجرات • غير ان الأبحاث المبنية على المتابعـة ، لم تكد تبدأ فى التبلور حتى طرحت من ناحية أخرى دراسات نظرية تتعلق بتلك الظواهر •

ففى عـام ١٩١٦ قدم اينشتين نظريته العـامة عن النسبية • تلك النظرية التى أضفت فى التو تعديلا على قانون نيوتن عن الجاذبيـــة :

وتتضمن النظرية مجموعة من « المعادلات المجالية » التي يمكن استخدامها لوصف الكون اجمالا ·

وتصف معادلات اينشتين المجالية الكون على انه « كون استاتيكى » ، لو عالجناه بشكل اجمالي ، فسنجده مستقرا لايتعرض لأى تغيير · غير أن عالم الفلك الهولنـــدى وليم دى سيتر (١٨٧٢ ـ ١٩٣٤) أثبت فى عام ١٩١٧ انه يمكن تفسير تلك المعادلات بما يفيــد بأن الكون يتعرض للتمدد بشكل منتظم · وسرعان ما انتشرت فكرة « الكون المتمدد » حتى ان اينشتين نفسه اقتنع بها ·

الانفجـار العظيم

لو أن الكون يتمدد بالفعل فان حجمه يزداد يـوما بعـد يوم · ولو تخيلنا اننا نعود بالزمن الى الوراء كما لو كنا نعرض فيلما بحركة عكسية فسنجد أن الكون يتقلص يوما بعد يوم ·

واذا كان من الجائز أن يستمر الكون فى التمدد الى مالا نهـــاية ، فمن غير المنطقي أن يستمر فى التقلص الى مالا نهاية لو عدنا بالزمن الى الوراء ، فهو سيؤول فى النهاية الى العدم حيث لا مجال لمزيد من التقلص · ولا مفر من أن يمثل ذلك العدم بداية الكون ·

وكان أول من أعلن ذلك الأمر عالم الرياضيات الروسى الكسندر الكسندروفيتش فريدمان (١٨٨٨ ـ ١٩٢٥) حيث توصـــل الى ذلك الاستنتاج أثناء تحليلاته الرياضية للكون المتمدد ونشره فى عام ١٩٢٢ · غير انه ما لبث أن توفى بعد ذلك وحرمه القدر من متابعة نظريته ·

ومن ناحية أخرى توصل عالم الفلك البلجيكى جورج ادوارد لوميتر (١٨٩٤ ـ ١٩٦٦) الى نتيجة مماثلة وأعلنها فى عام ١٩٢٧ · وقد افترض فى مستهل الأمر أن المادة الكونية كانت كلها مضغوطة فى حجم ضئيل للغاية أسماه « البيضة الكونية » · ثم تعرض ذلك الجسم لتمدد مفاجىء ساحق ومازال يتمدد ·

ولما طرح هوبل قانونه فى عــام ١٩٢٩ وشرح المشـــاهدات التى استند اليها ، بدا واضحا أن ذلك يجسد تمـــاما ما ينبغى أن يكون من شأن كون فى حالة تمدد ، وكون كل المجرات تبتعد عنا ـ وبمعدل أسرع كلما كانت أكثر بعدا ـ أمر ليس له أى دلالة خاصة تتعلق بنا وبمجرتنا · فمادام الكون في حالة تمدد فهذا يعنى أن كل مجراته تتباعد عن بعضها ،

ولو اننا نرصد الكون من أي مجرة أخرى غير مجرتنا لوجدنا قانون هوبل ساريا ٠

أما فيما يتعلق باقتراب مجرة اندروميدا ، وبعض المجرات الأخرى المجاورة ، من الأرض ، فذلك يعزى الى انها تنتمي كلها الى « مجموعة محلية » واحدة تتمثل في تجمع لعدد من المجرات ، من بينها مجرتنا واندروميدا ، تربطها ببعضها قوى جاذبية وتدور حول مركز ثقل واحد ، بحيث نجد في أي وقت من الأوقات بعضها يقترب والبعض الآخر يبتعد ٠

ثم تبين بعد ذلك أن الكون المتمدد لايعني أن كل مجرة تبتعد عن الأخرى ولكن كل تجمع مجرات يبتعد عن التجمعات الأخرى ٠ ومن ثم تعتبر تجمعات المجرات هي اللبنات التي تشكل صرح الكون ٠

وقد التقط الفيزيائي الأمريكي الروسي الأصل جورج جامو (١٩٠٤ ــ ١٩٦٨) فكرة البيضة الكونية وعممها ، ثم أطلق على عملية التمدد الأولى اسم « الانفجار العظيم » ومازال ذلك الاسم مستخدما حتى الآن ٠ انه أعظم انفجار يمكن أن يشهده الكون ، انفجار يفوق بدرجة هائلة أي انفجار سوبر نوفا ٠

وأشار جامو الى ان الاشعاعات التي صاحبت « الانفجار العظيم » لابد أن يكون لها من الآثار حتى الآن ما يمكن رصده من أي اتجاه على هيئة موجات ميكروويف ضعيفة لها من المواصفات ما يمكن تقديره حسابيا ٠

ثم واصل الفيزيائي الأمريكي روبرت هنري ديك (١٩١٦ ــ) الأبحاث في ذلك المجال ٠ وفي عام ١٩٦٤ تمكن الفيزيائي الأمريكي الألماني الأصل ارنو آلان بنزياس (١٩٣٣ ــ) بمعاونة زميله عالم الفلك الأمريكي روبرت وودرو ويلسون (١٩٣٦ ــ) من رصد تلك « الخلفية من اشعاعات الميكروويف » وتبينا من انها تتفق مع نتائج الدراسات النظرية التي أجراها جامو وديك ٠

وبهذا الاكتشاف انتهى علماء الفلك الى الاقتناع بوجود « الانفجار العظيم » ٠ ومن المتفق عليه الآن أن الكون قد بدأ بجسم ضئيل انفجر منذ ١٥ بليون سنة ٠ ومازال تحديد عمر الكون على وجه الدقة قيد البحث. ولكنه يصعب أن يقل عن عشرة بلايين سنة ولن يزيد على الأرجح على عشرين بليون سنة ٠

ان الافتراض بأن الكون قد نشأ جسما ضئيلا تمدد تدريجيا ليصل الى تلك المجموعة المتنوعة الهائلة من تجمعات المجرات التي نراها اليوم

يبدو أكثر منطقيا من القول بأنه قد خلق بطريقة أو بأخرى على النحو القائم حاليا • ومع ذلك فما زال السؤال مطروحا : كيف نشأ الكون فى صورته الأصلية كجسم ضئيل للغاية ؟ • هل نضطر عند ذلك الحد الى العودة الى فكرة وجود قوة خارقة هى الأصل ؟

ويبحث علماء الفيزياء حاليـــا فكرة أن الكون بحجمه الضئيل فى الأصل قد تكون من عدم نتيجة عملية عشوائية ، بل انهم يبحثون احتمالات تكون أعداد لانهائيـــة من مثل تلك النماذج للاكوان بصفة مستمرة من خلال حجم لانهائى من العدم وما نحن الا حياة قائمة على كون ضمن عدد لا حصر له من الأكوان •

غير أن معظم علماء الفيزياء قانعون بما وصلوا اليـه من أن أصل الكون هو الانفجار العظيم ومكتفون بذلك • وثمـــة غموض بالغ يحيط بالمراحل الأولى لتلك الظاهرة العظيمة وبكيفية تطور الأمور منذ الانفجار العظيم وحتى الشكل الحالى للكون • وما زالت المراحل الأولى لتطور الكون قيد البحث وموضع اختلاف وجهات النظر •

فعلى سبيل المثال ، كان من المتفق عليه بصفة عامة أن الكون بدأ على هيئة جسم متناهى الصغر على درجة لانهائية من الحرارة ، وفجأة وفى لحظة خاطفة لاتتجاوز بعض كسور متناهية من الثانية تعرض فى آن واحد للتضخم والتبريد بدرجة لتتيح تكون جزئيات أولية من المادة • وقد أطلق على تلك المادة اسم « كواركس » •

وبعد برهة طويلة نسبيا ، أى جزء من عشرة آلاف من الثانيـــة ، كان الكون بحجـــم ودرجـــة حرارة يكفيـــان لأن يتجمع الكواركس فى ثلاثيات تشكل جزئيات أقل من الذرة كالبروتونات والنترونات • ثم بعد مرحلة طويلة تقـــاس بآلاف السنين انخفضـــت درجـــة الحرارة بقدر يسمح باتحـــاد البروتونات والنترونات لتتكون النـــويات الذرية ثم لتجتذب هذه الالكترونات وتكون الذرات البكر • ثم يسفر التطور بعد زمن لايقل عن مائة مليون سنة عن بداية تكون النجوم والمجرات ومن ثم نشأة الكون الحديث (بمقاييس تقل كثيرا عن المقاييس الحالية) •

وفى السبعينات أدخلت تعديلات على فكرة « الانفجـــار العظيم » ومن ثم نعت الكون بوصف « الكون المتضخم » ويفيد ذلك التعديل بأن التمدد الأصلى حدث بسرعة مذهلة بما أثر على تفاصيل تطور الكون من عدة أوجـــه •

وبرزت مشكلة تتمثل فى أن الكون مقصور فى البنية العادية لمادته على البروتونات والنترونات والالكترونات • ويبدو أن تلك الجزيئات

ما كانت لتتكون دون أن يصاحبها فى نفس الوقت تكون العناصر المقابلة لها ، أى العناصر المضادة لكل من البروتونات والنترونات والالكترونات، ولابد أن تلك العناصر المضادة قد اتحدت لتكون « المادة المضادة » ولابد أيضا أن الكون يتألف من كميات متساوية من المادة والمادة المضـــادة ، ولكن ذلك ليس بصحيح على حد علمنا • فالكون مقصور على المادة •

(ولعل ذلك من حســن الطـالع ، فلو أن الكون مصنوع من كميات متساوية من المادة والمادة المضادة لاتحد الاثنان بنفس السرعة التى تكونا بها ولتعادلا مع بعضهما بحيث لا يفرزان سوى الاشعاعات ، وما بقى الكون) •

وقد أســفرت الأبحــاث المتعلقة بخصائص المادة وتفاعلاتهــا عند درجات الحرارة القصوى التى شهدتها اللحظات التاليــة « للانفجــار العظيم » عن التوصل الى نظريات جديدة ســميت « بالنظريات الكبرى الموحدة » (أو جاتس على سبيل الاختصار) • وتهــدف تلك النظريه الى اثبات أن تكوين المادة يتسم بمسحة طفيفــة من عدم التكافؤ ، حيث تزيد المادة العادية بمقدار جزء من بليون على المادة المضــادة ، ومن ثم عندما تتحد المادة والمادة المضادة وتتعادلان يبقى ذلك الجزء من البليون من المادة وهو الذى تكونت منه المجرات والكون •

وثمة مشكلة ثانية كبرى تكتنف « الانفجار العظيم » وتتعلق بظاهرة « التكتل » فى الكون • فلابد أن يكون الانفجار العظيم قد اتســم بتناظر كروى ، وبالتالى لابد أن يكون التمدد قد حدث بقدر متساو فى جميع الاتجاهات • وذلك يعنى أن الكون يتسم بتوزيع منتظم لكتلة الذرات ، أى نوع موحد من الغاز ، فما الذى جعل تلك الغـــازات تتكتل لتكون النجوم والمجرات ؟

ويعتقد أن فكرة الكون المتضخم تتضمن تفسيرا لظاهرة التكتل ، وربمــا جــاء الوقت الذى يشهد ازالة كل العقبات التى تعوق فكرة الخلق الطبيعى •

العنـاصر

زينـة الكون

لقد صار واضحا أن الفترات الأولى التى تلت الانفجـار العظيم شهدت تمدد الكون المتلهب وانخفاض درجة حرارته بدرجة تتيح اندماج البروتونات والنترونات لتكون نويات الذرات • ولكن أى نويات تكونت وبأى نسب ؟ ذاك سؤال أثار اهتمام علماء نشأة الكون ، وسيعود بنا الى الحديث عن الانفجارات النوفا والسوبر نوفا • ومن ثم فلنتناول تلك المسألة بشىء من التفاصيل •

تنقسم النويات الذرية الى عدد من الأنـواع ، ويتمثـل أحد السبل الرامية الى معرفة مغزى ذلك التنوع فى توصيف تلك النويات وفقا لعدد ما تحتويه من بروتونات • ويتراوح ذلك العدد بين واحـد وما يربـو على مائة •

ويحمل كل بروتون شحنة كهربية موجبة مقدارها + ١ • وعلى قدر علمنا ، فالنوع الآخر والوحيد من الجزيئات التى تشارك البروتونات فى النوى هى النترونات ولا تحمل شحنات كهربية ، وعلى ذلك فاجمالى الشحنة الكهربية للنواة الذرية يساوى عدد ما تحتويه تلك النواة من بروتونات• فالنواة التى تحتوى على بروتون واحد لها شحنة تعادل + ١ ، وتلك التى تحتوى على بروتونين لها شحنة تساوى +٢ ، والتى تحتوى على ١٥ بروتونا شحنتها + ١٥ وهلم جرا • ويعرف الرقم الذرى بأنه عدد ما تحتويه النواة من بروتونات أو الرقـم المعبر عن قيمة الشحنة الكهربية فى النواة •

ومع استمرار انخفاض درجة حـرارة الكون ، اكتسبت كل نواة القدرة على اجتـذاب عدد من الالكترونات • ولما كان الالكترون يحمـل شحنة كهربية سالبة مقدارها ـ ١ ، وبما أن الشحنات الكهربية المضادة

تتجاذب ، فتسعى الالكترونات بما لها من شحنة سالبـــة الى البقاء على مقربة من النويات ذات الشحنة الموجبة • وفى الأحـــوال العادية يمكن للنواة المعزولة أن تحتفظ بعدد من الالكترونات بقـــدر ما تحتويه من بروتونات ، وبتعادل عدد البروتونات فى النـواة مع عـدد الالكترونات المحيطة بها يصل اجمالى الشحنة الكهربيـــة الى صفر وتتكون من هذا التآلف الذرة المتعادلة والرقم الذرى لمثل تلك الذرة يساوى عدد كل من الالكترونات والبروتونات بها •

ويعرف العنصر بانه المادة التى تتكون من ذرات لها نفس الرقـــم الذرى ، فالهيدروجين على سبيل المثال عنصر لأنه يقتصر فى تكوينه على ذرات تحتوى نواتها على بروتون واحد يوجد على مقربة منه الكترون واحد. وتعتبر مثل هذه الذرة « ذرة هيدروجين » ونواتها « نواة هيدروجين » ، أما الرقم الذرى للهيدروجين فهو ١ •

كذلك فالهليـــوم عنصر ، ويتكون من ذرات الهليوم التى تحتـوى على نـويات الهليوم ، وتشتمل كل نواة منهـــا على بروتونين ومن ثم فالرقـم الذرى للهليوم هو ٢ • وبالمثل ، فالليثيوم رقمـــه الذرى ٣ والباريليوم ٤ والبورون ٥ والكربون ٦ والنتروجـين ٧ والأكسـجين ٨ وهلم جـرا •

ولو أجرينا ما بوسعنا من تحليلات كيميائية لكل ما هو متاح من مادة فى الجو والبحر والأرض لأحصينا ٨١ عنصرا مختلفا يتسم كل منها بالاستقرار • أى واحدا وثمانين عنصرا لا ينال أيا منها أى تغيير مهما امتد الزمن طالما لم يتعرض العنصر لأى مؤثرات •

ويعتبر الهيدروجـين (برقمـه الذرى ١) أقل الذرات تعقيدا على الأرض (بل على الاطلاق فى واقع الأمر) ويتصاعد الرقم الذرى تباعا الى أن نصل الى الذرة المستقرة الأكثر تعقيدا على الأرض ، وهى ذرة البزموت ورقمها الذرى ٨٣ أى أن كل نواة بزموت تحتوى على ٨٣ بروتونا •

ولما كان عدد العناصر المتسمة بالاستقرار ٨١ عنصرا ، فلابد أن عنصرين قد استبعدا من قائمـــة العناصر التى يتراوح رقمهـــا الذرى بين ١ (الهيدروجين) و ٨٣ (البزموت) ، وذلك صـحيح • فالذرات التى تحتوى على ٤٣ بروتونا وتلك التى تحتوى على ٦١ بروتونا ليست مستقرة ، وبالتـــالى لا يندرج العنصران اللذان يحمـل أحـدهما الرقم الذرى ٤٣ والآخــر ٦١ ضمن قائمـــة المواد الطبيعية التى حللهـــا الكيميائيون •

ولا يعنى ذلك أن العناصر التى تحمل الرقمين الذريين ٤٣ و ٦١ ، أو تلك التى يربو رقمها الذرى على ٨٣ لا وجود لهـــا ، بل هى موجودة

ولكن بقاءها مؤقت . فتلك الذرات غير مستقرة وســوف تتحلل عاجلا أم آجلا الى ذرات مستقرة سواء على مرحلة واحدة أو أكثر . ولا يتم ذلك بالضرورة توا ، بل قد تمتد تلك العملية لزمن طويل . فالنسبة لعنصرى الثوريوم (ورقمه الذرى ٩٠) واليورانيــوم (ورقمه الذرى ٩٢) على ســبيل المثــال ، يستلزم الأمر بلايين السنين كى يتحلل قدر ملموس منهما الى ذرات الرصاص المستقرة (ورقمها الذرى ٨٢) .

بل ان عمر الأرض البالغ بلايين السنين لم يتســع فى واقع الأمر الا لتحلل جزء مما كانت تحتويه فى الأصــل من هذين العنصرين . ويقدر الكم الذى لم يصبه الانشطار بعد بنحو ٨٠٪ بالنسبة للثوريوم و ٥٠٪ من اليورانيوم ويمكن البحث عنهما فى الصخور الموجــودة على ســطح الأرض .

ورغم أن الأرض تحتوى فى قشرتها على كميات وفيرة من العناصر المستقرة البالغ عددها ٨١ عنصرا (عـلاوة على الثوريوم واليورانيــوم) فان تلك العناصر ليست موجودة بكميــات متساوية . ومن أكثر العناصر شيوعا نجد الاكسجين (رقــم ذرى ٨) والسيليكون (رقم ذرى ١٤) والألمنيوم (١٣) والحديد (٢٦) .

أما من حيث الكتلة ، فالاكسجين يشكل ٤٦ر٦٪ من كتلة القشرة الأرضية والسيليكون ٢٧ر٧٪ والألمنيوم ٨ر١٣٪ والحديد ٥٪ . أى أن تلك العناصر الأربعـــة تشكل فى مجموعها نحو ٨/٧ من كتلة القشرة الأرضية ، أما الثمن الباقى فتشكله بقيـــة العناصر الحـادية والثمانين مجتمعة .

غير أن تلك العناصر لا تبقى على هيئتها الأولية . فغالبا ما تتخالط الذرات المختلفة وتميل الى الاتحاد مكونة ما يســمى « مركبـــات » . فذرات السيليكون والأكسجين على سبيل المثال تتحد مع بعضها بعملية معقدة وتكون ، مع ذرات من الحديد والألمنيوم وعناصر أخرى تتعلق بها بشكل أو آخر ، مركبات تسمى السيليكات وهى التى تشكل الصخور العادية التى تزخر بها القشرة الأرضية .

ولما كانت ذرات الأكسجين أخف وزنا من أى عنصر شائع آخر فى القشرة الأرضـــية ، فان عدد ما تحتويه كتلة أكســـجين من ذرات يفوق ما تحتويه كتل مماثلة من عناصر أخرى . ومن كل ألف ذرة من القشرة الأرضية نجد ٦٢٥ ذرة أكسجين و ٢١٢ ذرة سيليكون و ٦٥ ذرة ألمنيوم و ١٢ ذرة حديد . أى أن ٩٢٪ من عدد ما تحتويه القشرة الأرضية من ذرات تنتمى لهذا أو ذاك من تلك العناصر الأربعة .

غير أن القشرة الأرضية ليست عينة مناسبة يمكن تعميمها على الكون أو حتى على الأرض فى مجموعها ٠

فعلى سبيل المثال يعتقد أن « جوف » الأرض (المنطقة المركزية التى تشكل ثلث كتلة الكوكب) يتكون معظمه من الحديد ٠ ومن ثم يقدر ذلك العنصر بنحــو ٣٨٪ من كتلة الأرض فى مجملهـــا والأكســجين ٢٨٪ والسيليكون ١٥٪ ٠ أما بالنسبة للعنصر الشائع الرابع فكفة المغنسيوم (رقم ذرى ١٢) أرجح من كفة الألمنيوم وتقدر نسبته بـ ٧٪ ٠ وتشكل العناصر الأربعة مجتمعة ٧/٨ من كتلة الأرض الاجمالية ٠

وقياســا بعدد الذرات ، نجد أن كل ألف ذرة من الأرض ككل تحتوى على نحــو ٤٨٠ ذرة اكسجين ، و ٢١٥ ذرة حــديد ، و ١٥٠ ذرة سيليكون و ٨٠ ذرة مغنسيوم ، أى أن العناصر الأربعة مجتمعة تشكل ٩٢٫٥٪ من ذرات الأرض ٠

الا أن الأرض ليست بالكوكب النموذجى للنظام الشمسى ، صحيح أن كواكب الزهرة وعطارد والمريخ والقمر تشبه الأرض الى حد كبير فى تركيبها العام ، فهى مكونة من مواد صخرية ، علاوة على أن الزهـــرة وعطارد غنيان بالحديد فى جوفيهما ، وقد ينسحب ذلك أيضـــا ، الى حد ما ، على عدد ضئيل من الأقمار والتوابع ، غير أن كل تلك العوالم الصخرية (سواء كان جوفها غنيا بالحديد أم لا) تقل عن نصف فى المائة من الكتلة الاجمالية لجميع الاجرام التى تدور حول الشمس ٠

وباستثناء الشمس تتركز نسبة الـ ٩٩٫٥٪ الباقيــة من كتلة المجموعة الشمسية فى الكواكب العملاقة الأربعــة المشترى وزحــل وأورانوس ونبتون ٠ ويشكل المشترى وحده ، وهو أكبر تلك الكواكب ، ما يربو قليلا على ٧٠٪ من تلك النسبة ٠

ومن المحتمل أن يكون للمشترى جوف صـــغير نسبيا يتكون من الصخور والمعادن ، الا أن التحليل الطيفى والأبحاث الأخرى تفيد بأن ذلك الكوكب العملاق يتكون فى معظمه من الهيدروجين والهليوم وينسحب هذا فيما يبدو على الكواكب العملاقة الأخرى أيضا ٠

أما فيما يتعلق بالشمس ، التى تقدر كتلتها بخمسمائة مثل كتلة المجموعة الشمسية مجتمعة بدءا من المشترى وحتى ذرات الغبار ، فتفيــد المعلومات المستقاة أساسا من التحليل الطيفى أنها تتكون فى معظمهــا من الهيدروجين والهليوم ٠ وعلى نحو تقريبى يشــكل الهيدروجين ٧٥٪ من كتلة الشمس والهليوم ٢٢٪ وبقية العناصر ٣٪ ٠

ولو عنينا بتكوين الشمس من حيث عدد الذرات لوجدنا أن كل ألف من ذراتها يحتوى على ٩٢٠ ذرة هيدروجين و ٨٠ ذرة هليوم • أما العناصر الأخرى فتقل نسبتها عن واحد في الألف •

وبما أن الشمس تشكل تلك النسبة الطاغية في المجموعة الشمسية ، فلسنا بعيدين عن الصواب لو استنتجنا أن تركيبها العنصرى يمثل بصفة عامة المجموعة الشمسية • وتشبه الغالبية العظمى من النجوم الشمس في تركيبها ، بل لقد تبين أن هالة الغازات الرقيقة التى تملأ الفراغ بين الكواكب والمجرات تتكون أساسا من الهيدروجين والهليوم •

وعلى ذلك ، فلسنا بمخطئين على الأرجح لو قدرنا أن كل ألف من ذرات الكون ككل تنقسم الى ٩٢٠ ذرة هيدروجين و ٨٠ ذرة هليوم ، أما سائر العناصر الأخرى فنسبتها تقل عن ١ في الألف •

الهيدروجين والهليوم

لم هذا التوزيع ؟ وهل هذا الكون المقصور تقريبا على الهيدروجين والهليوم له علاقة « بالانفجار العظيم » ؟ •

الاجابة فيما يبدو هى نعم ـ على الأقل حسبما يفيد به الاستدلال المنطقى الذى وضعه جامو ومازال ساريا دون أن تطرأ عليه تعديلات جوهرية •

ويتمثل ذلك الاستدلال فيما يلى : بعد لحظة خاطفة لاتتجاوز كسورا من الثانية بعد الانفجار العظيم كانت درجة حرارة الكون المتمدد قد انخفضت الى الحد الذى يتيح تشكيل المكونات المألوفة للذرة وهى البروتونات والنترونات والالكترونات • غير أن الحرارة حتى عند ذلك الحد ما كانت لتسمح بتكون أى شىء أكثر تعقيدا • فلا مجال مع مثل تلك الحرارة لأن تتحد الجزيئات ، ولو أنها اصطدمت ببعضها لارتدت •

وتمتد تلك الظاهرة أيضا لتشمل ارتطام جزيئات متماثلة مع بعضها ، كبروتون مع بروتون أو نترون مع نترون ، حتى فى ظل حرارة تقل كثيرا عن تلك السائدة وقتها • غير أن الأمر يختلف بالنسبة للجزيئات المتباينة • فمع استمرار انخفاض درجة الحرارة تهيأت الفرصة لأن يسفر اصطدام بروتون مع نترون عن اتحاد هذين الجزيئين ،

ويعزى تماسك الجزيئين مع بعضهما الى ما يسمى « بالتفاعل القوى » وهو أقوى التفاعلات الأربعة المعروفة ٠

ولقد أوضحنا آنفا أن البروتون المفرد يشكل نواة هيدروجين ٠ واتحاد البروتون والنترون لا يغير من هذا الأمر شيئا فالفيصل فى هذا المجال هو وجود بروتون واحد فى النواة ٠ ويسمى هذان النوعان من نواة الهيدروجين ـ البروتون واتحاد البروتون مع النترون ـ ، « نظائر » الهيدروجين وللتمييز بينهما يضاف الى اسم العنصر رقم يساوى عدد ما تحتويه النواة من جزيئات ٠ فالنواة التى لا تحتوى الا على بروتون واحد تسمى نواة « هيدروجين ١ » والتى تحتوى على بروتون ونترون ـ أى جزيئين ـ فهى نواة « هيدروجين ٢ » ٠

وبينما كانت النويات المختلفة في سبيلها الى التكون فى المراحل المبكرة من عمر الكون ، لم تكن نويات الهيدروجين تتسم بقدر كبير من الاستقرار بسبب درجات الحرارة العالية السائدة فى ذلك الحين ٠ فقد كانت تتجه الى التحلل مرة ثانية الى بروتونات ونترونات منفصلة أو تتحد مع جزيئات أخرى لتكون نويات أكثر تعقيدا (ولكن قد تتسم بقدر أكبر من الاستقرار) ٠

ولو أن نواة هيدروجين ٢ اصطدمت ببروتون واتحدت معه لتكونت نواة جديدة تحتوى على بروتونين ونترون ٠ وبما انها صارت تشتمل على بروتونين فقد أصبحت نواة هليوم وبما أن عدد جزيئاتها ارتفع الى ٣ فهى نواة « هليوم ٣ » ٠

أما لو صادفت نواة الهيدروجين ٢ نترونا واتحدت معه ، فتكون النتيجة نواة « هيدروجين ٣ » لأنها أصبحت تتكون من ثلاثة جزيئات منها بروتون واحد ونترونان ٠

غير أن نواة الهيدروجين ٣ تتسم بعدم الاستقرار أيا كانت درجة الحرارة ، حتى فى ظل تلك السائدة حاليا فى الكون ، ولذلك فهى تتعرض لتغير ذاتى حتى لو لم يحدث تداخل مع جزيئات أخرى أو اصطدام بها ٠ وعاجلا أو آجلا ما يتحول أحد النترونين فى نواة الهيدروجين ٣ الى بروتون بحيث تتحول الى نواة هليوم ٣ ٠ وفى ظل الظروف الحالية لايتم ذلك التحول بسرعة هائلة ، حيث يتحول نصف عدد نويات الهيدروجين ٣ الى هليوم ٣ فيما يربو قليلا على ١٢ سنة ٠ ولا شك أن التحول كان يتم بسرعة أكبر في ظل درجات الحرارة الفائقة التي كانت سائدة في بداية الكون ٠

ومن ثم فقد أصبح هناك ، فى ظل الظروف الحاضرة ، ثلاثة أنواع من النوى المستقرة هى الهيدروجين ١ ، والهيدروجين ٢ والهليوم ٣ ٠

ويتسم الهليوم ٣ بأن قوة تماسك جزيئاته أضعف من حالة الهيدروجين ٢ ، ولذلك كانت الاحتمالات كبيرة فى ظل درجات الحرارة العالية فى بداية الكون ، أن تتحلل نواة الهيلوم ٣ أو أن تتغير نتيجة اتحادها مع مزيد من الجزيئات ٠

ولو أن نواة الهليوم ٣ صادفت بروتونا واتحدت معه لأصبحت نواة تحتوى على ثلاثة بروتونات ونترون وتلك نواة « الليثيوم ٤ » ٠ غير أن الليثيوم ٤ غير مستقر أيا كانت درجة الحرارة ، وحتى على سطح الأرض ، فسرعان ما يتحول أحد بروتوناته الى نترون لتتكون نواة « هليوم ٤ » مشتملة على بروتونين ونترونين ٠

وتعد نويات الهليوم ٤ بالغة الاستقرار ، بل انها أكثر النويات المعروفة استقرارا فى درجات الحرارة العادية ، باستثناء نواة الهيدروجين ١ المقصورة على بروتون ٠ فما أن تتكون نواة الهليوم ٤ ، قليلا ما تجنح الى التحليل حتى لو تعرضت لدرجات حرارة بالغة ٠

ولو اصطدمت نواة الهليوم ٣ مع نترون واتحدت معه فتتكون مباشرة نواة الهليوم ٤ ٠ وثمة احتمال آخر أيضا أن تتكون نواة هليوم ٤ نتيجة اتحاد نواتى هيدروجين ٢ ٠ أما لو صادفت نواة هليوم ٣ نواة هيدروجين ٢ أو نواة هليوم ٣ أخرى ، تتكون نواة هليوم ٤ بينما تنفصل الجزيئات الزائدة وتتحول الى بروتونات ونترونات منفصلة ٠

خلاصة القول ان نواة الهليوم ٤ هى أول نواة تتكون بغزارة بعدما انخفضت حرارة الكون الى درجة تتيح اتحاد البروتونات والنترونات لتشكل نويات أكثر تعقيدا ٠

ومع استمرار تمدد الكون وانخفاض درجة حرارته خفت حدة تحول نويات الهيدروجين ٢ والهليوم ٣ بل ان بعضها استمر على حاله دون تغيير ٠ وتبلغ نسبة ذرات الهيدروجين ٢ حاليا ١ الى سبعة آلاف ذرة هيدروجين ٠ أما الهليوم ٣ فهو أكثر ندرة اذ لا تربو نسبته على ١ فى كل مليون ذرة هليوم ٠

ومن ثم فبوسعنا اهمال الهيدروجين ٢ والهليوم ٣ والقول بأن الكون ، بعد أن انخفضت حرارته بدرجة كافية ، أصبح مقصورا على نويات الهيدروجين ١ والهليوم ٤ وبنسبة ٧٥ فى المائة للهيدروجين و ٢٥ فى المائة للهليوم من حيث الكتلة ٠

ولعلنا نتوقع بعد ذلك أن تشهد الأماكن التى تقل حرارتها بدرجة مناسبة اتحادا من نوع آخر ، أى أن النوى التى تحمل شحنة موجبة تجتذب الالكترونات التى تحمل شحنة سالبة ، وتتحد معها بقوة « التفاعل الالكترومغناطيسى » وهو ثانى التفاعلات الأربعة من حيث الفعالية • ومن ثم يتحد البروتون الواحد فى نواة الهيدروجين ١ مع الكترون واحد ويتحد البروتونان فى نواة الهليوم ٤ مع الكترونين ، وبذلك تتكون ذرات الهيدروجين والهليوم •

ولو كان ذلك صحيحا لوجدنا فى كل ألف ذرة فى الكون ٩٢٠ ذرة هيدروجين ١ و ٨٠ ذرة هليوم ٤ •

وذلك هو تفسير الكون المقصور فى تشكيله على الهيدروجين والهليوم •

ولكن مهلا !! فماذا عن الذرات الأكبر كتلة والتى لها أرقام ذرية تفوق خصائص الهليوم • (وسوف نجمل كل الذرات التى تحتوى نوياتها على أكثر من أربعة جزيئات فى مسمى واحد هو « الذرات الثقيلة ») •صحيح أن عدد الذرات الثقيلة فى الكون ضئيل للغاية ، ولكنها موجودة • فكيف تكونت ؟

يفيد أحد الردود المنطقية على ذلك التساؤل بأن نويات الهليوم ٤ ـ وان كانت نويات على قدر كبير من الاستقرار ـ قد تتسم باتجاه ضعيف الى الاتحاد مع بروتون أو نترون أو هيدروجين ٢ أو هليوم ٣ أو حتى نواة هليوم ٤ أخرى لتكون كمية ضئيلة من شتى أنواع الذرات الثقيلة • ولعل ذلك هو مصدر الذرات الثقيلة الموجودة حاليا والتى تشكل نسبتها ٣٪ أو نحو ذلك من كتلة الكون •

غير أن تلك الاجابة دحضها التحليل التالى :

لو أن نواة هليوم ٤ اصطدمت بنواة هيدروجين ١ (بروتون واحد) واتحدتا لتكونت نواة ذات ٣ بروتونات ونترونين ، أى نواة « ليثيوم ٥ » • أما لو اصطدمت بنترون واتحدت معه لتكونت نواة تشتمل على بروتونين وثلاثة نترونات أى نواة « هليوم ٥ » •

ولو أن نواة ليثيوم ٥ أو هليوم ٥ تكونت حتى فى ظل درجة الحرارة المنخفضة التى تسود الكون اليوم لما دامت لأكثر من أجزاء من ترليون ترليون من الثانية وبعدها تتحلل ثانيا الى هليوم ٤ وبروتون أو نترون •

أما أن تصادف نواة هليوم ٤ نواة هيدروجـين ٢ أو هليوم ٣ ، فذلك احتمـال ضئيل نظـرا لندرة وجـود هذين النوعين من النويات فى المزيج الكونى الأولى · ولو حدث وتكونت ذرات ثقيلة من مثل هذا التفاعل فسيكون بكمية لا تذكر قياسا بالنسبة الموجودة حاليا ·

ويتمثل الاحتمال الأخير والأرجح نسبيا فى أن تصطدم نواة هليوم٤ مع نـواة ثانية من نوعهـا وتتحـد معها ، لتتكون نـواة تشتمل على ٤ بروتونات و٤ نترونات وتلك هى نواة « البيريليوم ٨ » · وهذه النواة أيضا تتسم بقدر فائق من عدم الاستقرار بحيث لو تكونت لا تبقى لأكثر من كسور من مئات التريليونات من الثانية حتى فى ظل الظروف الكونية السائدة حاليا ، وما أن تتكون حتى تتحلل ثانيا الى نواتى هليوم ٤ ·

ورغـم كل ذلك ، فقد تقع صـدفة مفيدة لو أن ثلاثة من نويات الهليوم ٤ اصطدمت فى نفس الوقت مع بعضها واتحدت ، غير أن احتمال وقوع مثل تلك الصدفة ، فى مزيج نسبة الهليوم ٤ فيه تتضاءل أمام نسبة الهيدروجين ١ ، أضعف من أن يؤخذ فى الاعتبار ·

وعلى ذلك ، فمع مرور الوقت سيتمدد الكون وتقل حرارته الى درجة ينتهى عندها التحول الى نويات معقدة ويقتصر المزيج الكونى فى معظمه على الهيدروجـين ١ والهليوم ٤ ·· ولو بقيت بعض النترونات فسوف تتحلل الى بروتونات (هيدروجين ١) والكترونات ، وبالتـالى لا مجال لتكون الذرات الثقيلة ·

ويستمر تطور مثل ذلك الكون فتنقسم السحب المكونة من غـاز الهيدروجين والهليوم الى كتل بحجم المجرات ثم تتكثف وتتحول الى نجوم وكواكب عملاقة · والواقـع أن النجـوم والكواكب العملاقة مكونة فى معظمها من الهيدروجين والهليوم بالفعل · والآن هل من مبرر للانشغال بشأن الذرات الثقيلة وان هى الا تمثل ٣٪ من كتلة الكون وأقل من ١٪ من حيث عدد الذرات ؟

نعـم ! فلابد من ايجـاد مبرر لنسـبة الـ ٣ فى المائة هذه · وحتى لو أهملنا الكميات الضئيلة من الذرات الثقيلة الموجودة فى النجوم والكواكب العملاقة فان كوكبا مثل الأرض يكاد يقتصر فى تكوينه على ذرات ثقيلة ·

بل ان جسـم الانسـان والكائنات الحية بصفة عامة لاتتجاوز نسبة الهيدروجين فيها ١٠٪ من كتلتها ولا وجود للهليوم على الاطلاق · أما التسعون فى المائة المتبقية فهى مكونة من ذرات ثقيلة ·

وخلاصة القول ، لو ان الكون استمر على حاله وعلى ذلك الاسلوب في تكوين النويات على اثر الانفجار العظيم لاستحال وجود كواكب مثل الأرض وحياة كالتى نعرفها ٠

ولكن ما دمنا نحيا ، وفى عالمنـا هذا ، فلابد أن الذرات الثقيلة قد تكونت ٠ كيف اذن ؟

الافلات من النجوم

ان تلك المسـألة لا تشـكل فى الواقع لغزا حقيقيـا بالنسبة لنـا لا سيما وقد تناولنا آنفا فى هذا الكتاب أسلوب تكون وتحول النويات فى جوف النجوم ٠ فشمسنا تشهد بالفعل تحولا مستمرا للهيدروجين الى هليوم فى مناطقها المركزية وذلك الاندماج الهيدروجينى هو مصـدر طاقة الشمس ٠ وتتعرض كل النجوم الأخرى فى طورها الرئيسى لذلك الاندماج الهيدروجينى ٠

ولو كان ذلك هو التغير الوحيد الذى يجرى ، ولو انه استمر الى ما لا نهـاية بنفس المعـدل الحالى لنفـد الهيـدروجين تماما بعد حوالى خمسمائة بليون سنة (أى ثلاثين أو أربعين مثل عمر الكون حاليـا) ولصار الكون مقتصرا على الهليوم ٠ ومازال السؤال بشـأن الذرات الثقيلة مطروحا ٠

لقد عرفنا مما سبق أن الذرات الثقيلة تتكون فى جوف النجوم ٠ ولكنها لا تتكون الا عندما يحين الأجل لانتقال مثل تلك النجوم من مرحلة الطور الرئيسى ، ومن خصائص لحظة الذروة هذه أن جوف النجم يكون على درجة من الكثافة والسخونة بحيث تتلاطم نويات الهليوم ٤ بسرعة عالية ومعـدلات كبيرة ، تتهيأ الفرصـة لأن تتحـد كل ثلاث نويات مع بعضها لتكون نواة واحدة مستقرة تشتمل على ستة بروتونات وسـتة نترونات ٠ انها نواة « الكربون ١٢ » ٠

ولكن كيف يتسنى أن يقع مثل ذلك التصـادم الثلاثى فى جوف النجوم الآن ولا يحدث فى الأوقات التى تلت الانفجار العظيم ؟

ان درجة الحرارة فى جوف النجوم المشرفة على التحول من مرحلة الطور الرئيسى تناهز مائة مليون درجة مئوية وتصحبها ضغوط بالغة ٠ ومثل تلك الظروف كانت سـائدة أيضا فى اللحظات الأولى للكون ٠ غـير أن جـوف تلك النجـوم يمتـاز بأنه مقصور على نويات الهليوم ٤ ٠

لأن يقع تصادم ثلاثى لنويات الهليوم ٤ فى وسط لا توجد فيه نويات أخرى لهو أرجح كثيرا من أن يقع فى وسط تكون نواة الهليوم ٤ محاطة فيه بنويات معظمها هيدروجين ١ ٠

ويتبين من ذلك أن النويات الثقيلة تتكون منذ نشأة الكون فى جوف النجوم رغم انها لم تتكون بعد الانفجار العظيم مباشرة ٠ وعلاوة على ذلك فما زالت النويات الثقيلة تتكون فى جوف النجوم وستستمر كذلك لبلايين السنين ٠ ولا يقتصر الأمر على تكون نويات الكربون واستمرار تلك العملية ، بل يشمل كل النويات الثقيلة الأخرى بما فيها الحديد وهو ما يمثل ـ على نحو ما أسلفنا ـ مآلا ميتا لعمليات الاندماج العادية فى النجوم ٠

عند ذلك الحد يبقى سؤالان :

١ ـ كيف تسنى للنويات الثقيلة ، بعد أن تكونت فى مراكز النجوم ، أن تنتشر فى الكون بصفة عامة بحيث ينتهى بها المآل لأن تتركز فى الأرض وفى أجسادنا ؟

٢ ـ كيف تكونت العناصر التى تحتوى على نويات أثقل من نوى الحديد ؟ ان أثقل نواة حديد مستقرة على حد علمنا هى نواة الحديد ٥٨ وهى مكونة من ٢٦ بروتونا و ٣٢ نترونا ٠ غير ان ذلك ليس بنهاية المطاف ، فما زالت الأرض تحتوى على أنواع من النويات أكثر ثقلا ، وتنتهى القائمة عند نواة اليورانيوم ٢٣٨ المكونة من ٩٢ بروتونا و ١٤٦ نترونا ٠

ولنبدأ بالسؤال الأول ٠ هل هناك من التفاعلات ما يعمل على اقتلاع المادة النجمية ونشرها فى الكون ؟

والاجابة نعم ، وبوسعنا أن نرى بعض تلك التفاعلات بوضوح لو تدارسنا الشمس ٠

ان الناظر الى الشمس بالعين المجردة (مع الأخذ بأسباب الوقاية من الوهج) يراها كرة ساكنة من الضوء لا ملامح لها ، ولكننا نعرف الآن أنها فى حالة ثورة مستمرة ٠ فدرجات الحرارة الهائلة السائدة فى الجوف العميق للشمس تنقل حملا حركيا الى الطبقات العليا (كالذى يحدث فى اناء من الماء موضوع على النار عند الاقتراب من درجة الغليان)٠ ومن ثم فان المادة الشمسية فى حركة مستمرة تفور هنا وهناك وتكسر السطح بحيث يبدو سطح الشمس مغطى « بحبيبات » تمثل كل منها عمود حمل حركى حرارى ٠ وتعادل مساحة كل من تلك الحبيبات مساحة

احدى الولايات الكبرى فى أمريكا أو احدى البلدان الأوروبيـــة رغم انها تظهر ضئيلة في الصور الملتقطة لسطح الشمس •

ونتيجة للفوران تتمدد المادة المحمولة وتقل حرارتها كلما ابتعدت عن المركز ، وما أن تصل الى السطح حتي تغوص لتحل محلها كتلة أكثر سخونة مندفعة من أسفل • ولا تتوقف تلك العملية مطلقا وهي تساعد على انتقال الطاقة من الجوف الى السطح ، ثم من السطح الى الفضـــاء على هيئة اشعاعات ، يشكل ما نراه من ضوء جانبا كبيرا منها • وبالطبع ، فان الحياة على سطح الأرض مرهونة بتلك الاشعاعات •

وفي بعض الأحيان يتأجج الحمل الحرارى بما يؤدى الى ثورة عنيفة على السطح ينجم عنها لفظ كميات من المادة الشمسية ، ليس على هيئة اشعاعات فحسب ، بل كتل من المادة أيضا الى الفضاء •

وكان عام ١٨٤٢ قد شهد كسوفا كاملا للشمس وكان مرئيـا فى جنوبى فرنسا وشمالى ايطاليا • ولم تكن ظواهر الكسوف والخسوف فى مناطق بعيدة عن أماكن المراصد الفلكية المتطورة ولم يكن من اليسير آنذاك الانتقال بحمل كبير من المعدات لمسـافات طويلة • غير أن كسوف عام ١٨٤٢ وقع بالقرب من المراكز الفلكية فى غرب أوروبا وبالتـــالى احتشد العلماء بمعداتهم لدراسة هذه الظاهرة •

ولاحظ العلماء منذ الوهلة الأولى أن قرص الشمس تضوى من حوله أجسام تميل الى الحمرة ، وقد ظهرت تلك الأجسام بوضوح ما أن حجب القمر وهج القرص الشمسى • وكانت تلك الأجسام تبدو كنافورة متدفقة من المواد المندفعة الى الفضاء وقد سميت « بالشواظ الشمسى » •

غير أن العلماء لم يعرفوا على وجه اليقين فى ذلك الحين ما اذا كان ذلك الشواظ ينطلق من الشمس أم من القمـر • ثم شهد عـام ١٨٥١ كسوفا « أوروبيا » آخــــر ظهر بوضـــوح فى السويد • وقد حسمت الدراسات الدقيقة الأمر وأصبح يقينا أن الشواظ ظاهرة شـــمسية ولا دخل للقمر بها •

ومنذ ذلك الحين أصبح الشواظ الشمسى موضـع دراســة معمقة • ويمكن حاليا باستخدام الأجهزة الملائمة رؤية الشواظ في أى وقت دون حاجة لانتظار حدوث كسوف كامل • وينـدفع بعض ذلك الشواظ لأعلى بقوة بالغة حتى ليصل الى ارتفاعات شاهقة تناهز عشرات الألوف من الكم فوق سطح الشمس • وبعض الشــواظ يندفع كموجة انفجـارية بسرعات تصل الى ١٣٠٠ كم (٨٠٠ ميل) فى الثانية •

ورغم أن الشواظ يعد أكثر ما يثير الدهشة من بين الظواهر التى تحدث على سطح الشمس غير انه ليس الأكثر ديناميكية ونشاطا ٠

وفى عام ١٨٥٩ رصد عالم الفلك الانجليزى ريتشارد كريستوفر كارينجتون (١٨٢٦ ـ ١٨٧٥) نقطة ضوئيــة تشبه النجوم تنبعث من سطح الشمس واستمرت لمدة خمس دقائق ثم خبت ، وكانت تلك المرة الأولى التى يرصد فيها ما يعرف الآن باسم الوهج الشمسى ٠ وقد أعزى كارينجتون تلك الظاهرة الى سقوط نيزك ضخم على الشمس ٠

ولم يحظ ما شاهده كارينجتون بقدر كبير ، من الاهتمام الى أن اخترع عالم الفلك الأمريكى جورج ايلرى هال (١٨٦٨ ـ ١٩٣٨) جهاز مراقبة الطيف الشمسى فى عام ١٩٢٦ ٠ وقد أتاح هذا الجهاز دراســة الشمس من خــــلال طول موجة خاص ، ولما كانت الوهجات الشمسية غنية بشكل ملموس ببعض أشعة الضوء ذات أطوال الموجات الخاصة ، فان الوهجات تظهر بوضوح لو نظرنا الى الشمس من خلال تلك الموجات ٠

ونحن نعرف الآن أن الوهجات الشمسية متماثلة الى حـد كبير ، ولكن تتداخل معها بقع داكنة تسمى « كلف شمسى » ٠ وعنــدما تكون الشمس غنية بمثل ذلك الكلف تظهر وهجات صغرى كل بضع ساعات ، أما الوهجات الكبرى فتظهر كل عدة أسابيع ٠

وتعد الوهجات أو ألسنة اللهب الشمسية انفجارات عنيفة تقع على سطح الشمس ٠ وتتسم المناطق المتوهجة بأنها على درجة حرارة أعلى كثيرا من المناطق غير المتوهجة المحيطة بها ، ومن شأن لســـان لهب لايتجاوز واحــــد على ألف من مساحة الشمس أن يطلق من الأشعة النشطة ذات الطاقة العالية ـ مثل الأشعة فوق البنفسجية والسينية ، بل وأشعة جاما ـ ما يفوق مجموع ما ينبعث من كل السطوح غير المتوهجة فى الشمس ٠

ورغم أن الشواظ الشمسى يبدو مبهرا ويستمر فى بعض الأحيـان لبضعة أيام غير أنه لا يفقد الشمس سوى قدر ضئيل للغاية من مادتها ، ويختلف الأمر بالنسبة لألسنة اللهب الشمسية ، فهى أضعف كثيرا من حيث الرؤية وكثير منها لا يدوم لأكثر من بضع دقائق ، بل ان أكبر ألسنة اللهب الناجمة عن تلك الانفجارات خبا تماما خلال ساعتين ، ومع ذلك فانها تتسم بقدر من القوة والطاقة بحيث ان ما تلفظه من مادة الى الفضاء تفقده الشمس الى الأبد ٠

وقد بدأت طبيعة تلك الظواهر تتيسر على الفهم فى عام ١٨٤٣ عندما أعلن عالم الفلك الألمانى صمويل هنريتش شوابى (١٧٨٩ ـ ١٨٧٥)

أن عدد بقع الكلف على سطح الشمس يزيد ويقل فيما يبدو بشكل دورى. وتستغرق الدورة حوالى أحد عشر عاما ٠ وكان شـوابى قد عكف عكوفا شبه يومى على دراسـة الشمس لمدة ١٧ سنة ٠ وفي عام ١٨٥٢ لاحظ الفيزيائى البريطانى ادوارد سابين (١٧٨٨ ـ ١٨٨٣) أن مظاهر الخلل فى المجال المغناطيسى الأرضى تشتد وتضعف بشكل متواز مع دورة الكلف الشمسى ٠

وقد بدا ذلك للوهلة الأولى مجرد تطابق احصائى فلم يكن أحـد يدرى ما العلاقة التى يمـكن أن تربط بين الظاهرتين ٠ ولكن مع مرور الوقت وبفهم الطبيعة النشطة للتوهجات الشمسية تكشفت تلك العلاقة، وقد حدث ذات يوم أن وقع انفجار شمسى ضخم بالقرب من مركز القرص الشمسى (أى فى مواجهـة الأرض مباشرة) ولوحظ بعد مرور يومين ان ابر البوصلات فقدت كل حساسيتها المغناطيسية واختلت تماما بينما انتشر الشفق بشكل مبهر ٠

وقد اكتسى فارق اليومين أهميـة كبيرة ٠ فلو أن ما تعرضت له الأرض من تأثيرات ناجم عن الاشعاعات الواردة من الشمس لما زاد الوقت بين الانفجار وتأثيراته على ثمـانى دقائق ، وهو الوقت اللازم لانتقال الأشعة من الشمس الى الأرض بسرعة الضوء ، ولكن فارق اليومين يعنى انه أيا كان ما تعزى اليه تلك التأثيرت فلابد انهـا انتقلت من الشمس الى الأرض بسرعة تنـاهز تسعمائة كم (٥٦٠ ميلا) فى الثـانية ٠ صحيح أنها سرعة كبيرة ولكنها ليست بأى حال قريبة من سرعة الضوء ٠ ولعلنا نتوقع أن تكون هذه هى سرعة الجزيئات دون الذرية ، ولو أن مثل تلك الجزيئات تحمل شـحنات كهربية وانطلقت فى اتجاهنـا على اثر أحداث وقعت فى الشمس لأحـدثت لدى مرورهـا بالأرض نفس التأثيرات على ابر البوصلات والشفق ٠

وما أن اسـتوعبت البشرية نظـرية الجزيئات دون الذرية التى تنطلق من الشمس بقوة شديدة حتى اتسع نطاق فهم سمة أخرى من سمات الشمس ٠

عندما تتعرض الشمس لكسوف كامل فبوسـعنا أن نرى بالعين المجـرد هالة متلألئـة حول الشمس تتوسطهـا دائرة القمر المعتمة ٠ وتلك هى « اكليل الشمس » ٠

واذا كان كسوف عام ١٨٤٢ قد أتاح اجراء الدراسات العلمية الأولى عن الشواظ ، فقد فتح المجال أيضا لأول دراسـة دقيقة حول الاكليل

الشمسى . وقد تبين أن هذا الاكليل أيضا ظاهـرة شمسية لا قمرية . واعتبارا من عام ١٩٦٠ دخل التصوير كعامل مساعد فى دراسة الاكليل الشمسى ثم استخدم بعد ذلك جهاز التحليل الطيفى لنفس الغرض .

ولقد كان عالم الفلك الأمريكى تشارلز أغسطس يونج (١٨٣٤ ـ ١٩٠٨) أول من درس التحليل الطيفى للاكليل الشمسى وكان ذلك خلال كسوف للشمس ظهر فى اسبانيا فى عام ١٨٧٠ . وقد لاحظ وجود خط أخضر لامع ضمن الطيف ، خط لايتفق فى موقعه مع أى خط معروف فى الطيف لأى عنصر معلوم . كما رصد خطوطا أخرى غريبة وافترض انها تمثل عنصرا غير معلوم وأسماه « كورونيوم » نسبة الى كورونا الاسـم الانجليزى للاكليل الشمسى .

وظلت المعلومات عن الكورونيوم محدودة ، باستثناء ملاحظة وجود ذلك الخط الطيفى ، الى أن تكشفت طبيعـة البنيـة الذرية ، فكل ذرة تتكون من نواة ثقيلة فى المركز ويحيط بها واحد أو أكثر من الالكترونات خفيفة الوزن . وكلما أبعـد الكترون عن الذرة تغيرت الخطوط الطيفية لتلك الذرة ، ورغم توصل الكيميائيين الى دراسة أطياف ذرات أبعد عنها عدد محدود من الالكترونات ، فان التقنيات فى ذلك الحين لم تكن تتيح نزع عدد كبير من الالكترونات ودراسة الطيف فى تلك الأحوال .

ولكن فى عام ١٩٤١ تمكن بنجت أدلن من أن يثبت أن «الكورونيوم» ليس بعنصر جديد على الاطلاق . فالعناصر العادية مثل الحديد والنيكل والكالسيوم ، اذا نزع من ذراتها عدد من الالكترونات يناهز اثنى عشر أو نحو ذلك ، فانها تعطى خطوطا تماثل خطوط « الكورونيوم » . وبالتالى فما « الكورونيوم » الا عناصر عادية تعرضت لحالات متعددة من الخلل فى الكتروناتها .

ولا يقع مثل ذلك الخلل المتعدد الا فى ظل درجـات حـرارة بالغة ولذلك افترض أدلن أن درجـة حرارة الاكليل الشمسى لابد وأن تتراوح بين مليون ومليونى درجة مئوية . وقد قوبل ذلك فى البـداية برفض شبه تام ، ولكن مع دخـول عصر الصواريخ وجـد أن الاكليل الشمسى تنبعث منه أشعة سينية ، وما كان ذلك ليحدث الا لو كانت حرارتها فى الحدود التى افترضها أدلن .

ويبدو مما تقدم أن ذلك الاكليل أو تلك الهالة هى الغلاف الجوى للشمس وتغذيها باستمرار المواد المندفعة لأعلى وللخارج نتيجة للانفجارات الشمسية . وتتسم الهالة الشمسية بأن درجة كثافتهـا ضئيلة للغاية

فهي تحتوى على أقل من بليون جزيء في السنتيمتر المكعب وتلك الكثافة لا تتجاوز في المتوسط واحدا على تريليون من كثافة الغلاف الجوى للأرض على مستوى سطح البحر ، وذلك يجعل من الغلاف الجوى للشمس وسطا فراغيا ممتازا • ومن جهة أخرى فالطاقات المنطلقة من سطح الشمس لأعلى - سواء بسبب الانفجارات الشمسية ، أو المجالات المغناطيسية ، أو الاهتزازات الصوتية الضخمة الناجمة عن تيارات الحمل والفوران - تتوزع على هذا العدد الضئيل نسبيا من الجزيئات في الغلاف الجوى • وبالتالى فرغم ان الكم الاجمالى من الحرارة الموجود في الاكليل الشمسى قليل (مع الأخذ في الاعتبار حجمها الهائل) ، فان كمية الحرارة المشحونة في كل من ذلك العدد الضئيل من الجزيئات بالغة ، وهذا ما يسمى « كمية الحرارة في الجزيء » والتى تتمثل في درجة الحرارة التى نقيسها •

وليست الجزيئات الموجودة في الاكليل الشمسى سوى الذرات المنفردة المندفعة لأعلى من سطح الشمس وقد انفصلت عن معظمها أو كلها الالكترونات نتيجة الحرارة العالية • ولما كانت الشمس تتكون في معظمها من الهيدروجين فمعظم تلك الجزيئات هي نويات هيدروجين أو بمعنى آخر بروتونات • ويلى الهيدروجين من حيث الكمية نويات الهليوم • أما كل النويات الأخرى الأكثر وزنا فعددها بالغ الضآلة • ورغم أن بعض تلك النويات الثقيلة من شأنها أن تظهر خطوطا طيفية ملموسة من « الكورونيوم » ، فهى لا توجد الا بكميات لاتذكر •

وبما أن الجزيئات في الاكليل الشمسى تتحرك للخارج في جميع الاتجاهات ، فان الهالة تزداد تضخما بينما تتناقص كثافتها أكثر وأكثر • وذلك يعنى أن الضوء المنبعث من الشمس يضعف ويضعف الى أن يختفى تماما على بعد معين من الشمس •

غير أن كون الهالة الشمسية تضعف وتتجه الى التوارى لايعنى زوال خاصية وجودها على هيئة جزيئات مندفعة للخارج • وفي عام ١٩٥٩ أطلق الفيزيائى الأمريكى أوجين نيومان باركر (١٩٢٧ -) على هذه الجزيئات المندفعة اسم « الرياح الشمسية » •

وتمتد الرياح الشمسية الى ما وراء الكواكب الداخلية • بل ان أجهزة الرصد في الصواريخ أظهرت وجود رياح شمسية وراء مدار كوكب زحل ، ومن المحتمل أن يمتد ما يمكن رصده من تلك الرياح الى ما وراء مدارى نبتون وبلوتو • نستنتج من ذلك أن كل الكواكب تتحرك حول الشمس وداخل غلافها الجوى ، غير أن كثافة ذلك الغلاف الشمسى محدودة بحيث لاتؤثر بأى شكل ملموس على حركة الكواكب •

ولكن تلك الكثافة ـ من ناحية أخرى ـ ليست بالضآلة التى تحول دون أن يكون لها أنواع أخرى من التأثيرات الملموسة • فجزيئات الرياح الشمسية مشحونة كهربيا وهذه الجزيئات المشحونة هي التى يجتذبها المجال المغناطيسى للأرض فتتكون « أحزمة فان ألن » ، وتحدث الشفق ، وتؤثر على المجال المغناطيسى للبوصلات والأجهزة الالكترونية • والانفجارات الشمسية تعمل لحظيا على تقوية الرياح الشمسية كما تعمل لفترة من الوقت على تكثيف تلك التأثيرات بشكل كبير •

وفى المحيط القريب من الأرض تتحرك جزيئات الرياح الشمسية بسرعة تتراوح بين ٤٠٠ و ٧٠٠ كم (٢٥٠ ـ ٤٣٥ ميلا) فى الثانيـة ويتراوح عددها بين واحد وثمانين في السم المكعب • ولو أن تلك الجزيئات ترتطم بسطح الأرض لكان لها تأثير ضار على الحياة ، ولكن المجال المغناطيسى والغلاف الجوى للأرض يشكلان مظلة واقية من ذلك الخطر •

وتصل كمية ما تنتزعه الرياح الشمسية من مادة الشمس الى بليون كجم (٢ر٢ بليون رطل) فى الثانية • وتعد هذه كمية ضخمة بالنسبة لمقاييس الانسان ، أما بالنسبة للشمس فتكاد لا تذكر • وتعد الشمس فى طورها الرئيسى منذ نحو خمسة ملايين سنة ويقدر لها أن تستمر فى نفس المرحلة لخمسة أو ستة بلايين سنة أخرى • ولو أن الرياح الشمسية استمرت تنتزع من مادة الشمس بنفس المعدل فان مجموع ما ستفقده الشمس طوال عمرها فى مرحلة الطور الرئيسى لن يتجاوز ١ / ٥٠٠٠ من كتلتهـا •

ومع ذلك فلا تشكل نسبة $\frac{1}{٥٠٠٠}$ من كتلة نجم ضخم شيئا يذكر قياسا بمقدار ما يضاف اليـه من امداد عام بالمادة التى تسبح فى الفضاء المتاسع بين النجوم • ذاك هو المثال الأول لما يمكن أن يحدث من انتزاع مادة النجوم لتضاف الى محيطات الغاز فيما بين الكواكب •

ولا تنفرد الشمس بتلك الظاهرة ، فكل الأدلة تبعث على الاعتقاد بأن أى نجم لم يصل بعد الى مرحلة الانقباض يشع « رياحا نجمية » •

واذا لم يكن بوسعنا دراسـة النجوم الأخرى على نحو ما درسنا الشمس ، فثمة مؤشرات تفيد بذلك • هناك على سبيل المثال « المتقزمات الحمراء » الضئيلة فى حجمها والباردة والتى تبدى على فترات غير منتظمة وبصورة فجائية ارتفاعا فى مستوى بريقها مصحوبا بتحول ضوئها الى اللون الأبيض • ويدوم ذلك التغير لفترة تتراوح بين بضع دقائق وساعة أو نحو ذلك ، ويكتسى كل المواصفات التى تبعث على الاعتقاد بأنه ناجم عن

اندلاع ساطع على سطح النجم الصغير • ومن ثم يطلق على تلك المتقزمات الحمراء اسم « النجوم الاندلاعية » •

ولو أن اندلاع وهج فى نفس حجم ما يقع على سطح الشمس وقع على سطح نجم صغير فسيكون تأثيره ملموسا بدرجة تفوق كثيرا حالة الشمس • فالوهج الذى يؤدى الى زيادة ضوء الشمس بنسبة ١٪ من شأنه لو وقع على نجم ضعيف ــ أن يقوى ضوءه بنسبة ٢٥٠٪ •

ومن ثم ، ربما تنفث المتقزمات الحمراء قدرا كبيرا من الرياح النجمية فالنجوم العملاقة الحمراء تتسم ببنية متضخمة بحيث يصل قطر بعضها الى خمسمائة مثل قطر الشمس • وذلك يعنى أن قوة الجاذبية على سطحها ضئيلة نسبيا حيث ان الزيادة فى الكتلة يقابلها ــ وبنسبة قد تربو على مقدار الزيادة ــ طول المسافة بين السطح والمركز •

علاوة على ذلك ، فالنجوم العملاقة الحمراء تقترب من نهاية مرحلة التمدد ، ولن يمر وقت طويل حتى تتعرض للانقباض ، ومن ثم فهى فى حالة فوران وثورة غير عادية • ويبعث ذلك على الاعتقاد بأن مادة العملاق الأحمر تندفع بقوة شديدة ازاء قوة الجاذبية الضعيفة نسبيا •

ويقع العملاق الأحمر الضخم المعروف باسم منكب الجوزاء على مسافة من الأرض تتيح لعلماء الفلك جمع بعض التفاصيل عنه • فيعتقد على سبيل المثال أن رياحه النجمية تعادل بليون مثل كثافة الرياح الشمسية • ورغم أن كتلة منكب الجوزاء تعادل ١٦ مثل كتلة الشمس فانه لو استمر يلفظ مادته فى صورة رياح نجمية بهذا المعدل فسوف ينعدم تماما فى غضون مليون سنة أو نحو ذلك ، غير انه سيتعرض للانقباض قبل ذلك بكثير •

ولعلنا نفترض أن كثافة الرياح الشمسية فى المتوسط لا تختلف كثيرا عن متوسط كثافة الرياح النجمية بصفة عامة • من هنا نحسب انه لو كانت مجرتنا ــ تقديرا ــ تحتوى على ثلاثمائة بليون نجم فان اجمالى ما ستفقده هذه النجوم نتيجة الرياح النجمية سيصل الى ثلاثمائة بليون بليون (أى ٣ × ١٠^٢٠) كجم أى (٦ر٢ × ١٠^٢٠ رطل) فى الثانية •

وذلك يعنى انه كل مائتى عام تنتقل الى الفضاء كمية من مادة النجوم تساوى كتلة الشمس • وبفرض أن عمر مجرتنا ١٥ بليون سنة وأن الرياح النجمية استمرت بنفس المعدل على مدى هذا الزمن فان اجمالى ما انتقل

إلى الفضاء من كتلة النجوم يعادل كتلة نحو ٧٥ مليون نجم في نفس حجم الشمس أو ١/٣٠٠ من كتلة المجرة ٠

والرياح النجمية تنتزع من الطبقات الخارجية للنجوم وهى طبقات مقصورة (أو شبه مقصورة) على الهيدروجين والهليوم ٠ ومن ثم تتكون تلك الرياح كليا (أو شبه كلى) من نويات الهيدروجين والهليوم ولا وجود للنويات الثقيلة فى الخليط السائد في المجرة ٠ فالنويات الثقيلة المكونة فى جوف النجوم تبقى مكانها ولا يؤثر عليها اندلاع الرياح النجمية من الأسطح ، حيث تبعد عنها كثيرا ٠

ولو أن نجما يحتوى على نسبة طفيفة من النوى الثقيلة فى طبقاته العليا بعيدا تماما عن الجوف (كحالة الشمس) فبديهى أن تحتوى رياحه النجمية على مسحة منها ٠ غير أن مثل تلك النويات الثقيلة لم تتكون فى جوف النجوم ولكنها موجودة فى الطبقات الخارجية منذ أن تكون النجم أصلا ٠ لقد انتقلت الى النجم من مصدر خارجى ، مصدر نسعى لمعرفته ٠

الافلات عن طريق كارثة

ولما كانت الرياح النجمية ليست بالآلية التى تنتقل بها النويات الثقيلة من جوف النجوم الى الفضاء فلابد أن نتجه بتفكيرنا الى ما تتعرض له النجوم من ظواهر أكثر عنفا فى أعقاب مرحلة الطور الرئيسى ٠

ان هذا الاتجاه فى التفكير من شأنه مباشرة أن يستبعد غالبية النجوم ، وهى تلك التى يقل حجمها كثيرا عن الشمس وتتراوح نسبتها بين ٧٥و٨٠٪ ٠ تلك النجوم تشهد مرحلة الطور الرئيسى ويتوقع لها أن تستمر فى هذه المرحلة لفترة تتراوح بين ٢٠و٢٠٠ بليون سنة بحسب مدى صغر النجم ٠ وذلك يعنى أن ما من نجم صغير فى الكون قد تجاوز مرحلة الطور الرئيسى ، حتى وان كان قد تكون فى المرحلة الأولى لنشأة الكون ، أى خلال البليون سنة الأولى عقب الانفجار العظيم ٠ فلم يتسع المجال لمثل تلك النجوم لأن تستهلك كل وقودها من الهيدروجين بقدر يجعلها تتجاوز مرحلة الطور الرئيسى ٠

علاوة على ذلك ، فمن سمات انتقال نجم صغير من طوره الرئيسى انه يتم بحد أدنى من الأحداث الصاخبة ٠ وعلى حد علمنا ، كلما صغر حجم النجم خفت حدة ما يشهده من تفاعلات عقب انتهاء الطور

الرئيسى • عند تلك المرحلة يتمدد النجم الصغير (شأنه فى ذلك شأن كل النجوم) ويتحول الى عملاق أحمر ، لكن عملاق أحمر صغير نسبيا • ومثل هذا العملاق الأحمر سيستمر على الارجح لعمر يزيد كثيرا على أى من تلك النجـوم العملاقة الحمراء الملفتة للانتبـاه ، ثم ينقبض عندما يحين الأوان ، بقدر ما من الهدوء ، ويتحول الى متقزم أبيض يقل فى كثافته عن متقزمات من قبيل الشعرى اليمانية ب •

والعناصر الثقيلة التى تشكل البنية الداخلية لنجم صغير ـ ومعظمها من الكربون والنيتروجين والاكسجين ـ والتى بقيت فى جوفه على مدى الطور الرئيسى ، ستبقى كذلك فى قلب المتقزم الأبيض عقب انقباض النجم ، ولا مجال لأن تنتقل الى خزان الغاز الفضائى الا بقدر طفيف • ومن ثم فان أى عناصر ثقيلة تتكون فى النجوم الصغيرة تبقى فى مكانها الى مالا نهاية باستثناء حالات خاصة نادرة •

أما النجوم التى فى مثل كتلة شمسنا ـ أو تلك التى تزيد أو تقل عنها بنسبة تتراوح بين١٠و٢٠٪ـ فهى تتقلص الى متقزم أبيض بعدما تدوم فى مرحلة الطور الرئيسى لفترة لا تزيد عن خمسة الى خمسة عشر بليون سنة • ويتوقع لشمسنا أن تستمر فى مرحلة الطور الرئيسى لحوالى عشرة بلايين سنة ، حيث انها لم تتكون الا منذ نحو خمسة بلايين سنة • والنجوم التى تماثل الشمس فى كتلتها ولكن أقدم منها ، من المرجح أن تكون حاليا قد تجاوزت مرحلة الطور الرئيسى • وكل مثل تلك النجوم التى تكونت فى صبا الكون لابد أيضا انها تجاوزت تلك المرحلة •

والنجوم التى فى مثل كتلة الشمس تتحول الى عملاقة حمراء أضخم من تلك الناجمة عن نجوم صغيرة • والنجوم العملاقة الحمراء الأكبر تتقلص ـ عندما يحين الأوان ـ بشكل أعنف من حالة النجوم الصغيرة • وتكون طاقة الانقباض بقدر يبعث على تتطاير الطبقات الخارجية للنجم الى الفضاء وتكوين سديم كما أشرنا اليه آنفا فى هذا الكتاب •

ويبلغ ما تنزحه هالة الغاز المتمددة ، الناجمة عن انقباض نجم فى حجم الشمس ، ما يتراوح بين عشرة وعشرين فى المائة من الكتلة الأصلية للنجم • غير أن المادة المحررة تنزح من الطبقات الخارجية للنجم • ولكن تلك الطبقات الخارجية مازالت تتكون أساسا من خليط من الهيدروجين والهليوم ، حتى وان كان النجم على وشك الانقباض •

وحتى لو تسنى انتقال نويات ثقيلة من جوف النجم الى سطحه ، بسبب ما يتعرض له من فوران قبيل الانقباض ، واندفعت تلك النويات

الى الفضاء ضمن هالة الغاز ، فكميتها لا تتجاوز قدرا ضئيلا للغاية قياسا بما هو موجود من مثل تلك النويات فى سحب الغازات الفضائية ٠

ولكن ، وبما اننا بصدد الحديث عن المتقزمات البيضاء وتكوينها ، فماذا عن تلك الحالات الخاصة التى تشكل فيها المتقزمات البيضاء خاتمة نهائية ميتة للنجم ؟ ألا يكون من شأنها أن تعمل على توزيع المـادة فى الفضــــاء ؟

لقد تناولنا في فصل سابق من هذا الكتاب تلك الفئة من المتقزمات البيضاء التى تشكل طرفا فى ثنائي والتى تكتسب مادة من النجم المرافق بينما يتمدد ليبدأ مرحلة العملاق الأحمر ٠ وعرفنا أن المادة المنقولة تتعرض من فورها للاندماج النووى على سطح المتقزم الأبيض بما يولد طاقات هائلة تؤدى الى اضفاء وهج على النجم ويرى فى الأرض كظاهرة نوفا ، كما تؤدى الى اطلاق المادة المنصهرة الى الفضاء ٠

غـير أن المادة المنقولة الى المتقزم الأبيض من الطبقـــات الخارجية للعملاق الأحمر المتمدد تتكون أساسا من الهيدروجين والهليوم ٠ وتسفر عملية الاندماج النووى عن تحول الهيدروجين الى هليوم ومن ثم فالمادة المتطايرة الى الفضاء انما هى سحب من الهليوم ٠ وفى هذه الحالة أيضا، لو تصادف أن نويات ثقيلة ذات بنية أعقد من الهليوم كانت ضمن ما انتقل من النجم المرافق أو تكونت نتيجة التفاعل الاندماجى ، فان كميتها ستكون بالغة الضآلة قياسا بما تحويه السحب الفضائية من نويات ثقيلة ٠

أين نحن الآن اذن ؟ لم يتبق ســـوى مصــــدر محتمل واحد وهو الانفجارات السوبر نوفا ٠

لقد أسلفنا الاشارة الى أن الانفجارات السوبر نوفا من النوع « أ » تقع فى اطار ملابسات مماثلة لما يحدث بالنسبة للانفجارات النوفا العادية٠ ففى الحالتين تنتقل الى أحد المتقزمات البيضاء مادة من نجم مرافق قريب فى مرحلة التمدد فى سبيل التحول الى عملاق أحمر ٠ والفارق فى حالة السـوبر نوفا من النوع « أ » أن كتلة المتقزم الأبيض تكون قريبة من حد شاندرا سيخار بحيث تتجاوزه اثر انتقال المادة الجديدة اليه ٠ ثم يحين أوان انقباض المتقزم الأبيض حيث يتعرض لعمليات اندماج نووى مكثفة تؤول به فى النهاية الى الانفجار ٠

ويكون من نتيجة ذلك الانفجار ، أن بنية المتقزم الأبيض بأكملها ، والتى تعادل كتلتها ٤ر١ مثــل كتلة الشمس ، تتمزق الى سحابة ممتدة من الغازات ٠ ونلمس على الأرض ذلك الحدث على هيئة بريق لفترة

محدودة ولكن سرعان ما تخبو الاشعاعات مهما كانت قوية لحظة الانفجار . أما سحب الغاز فتظل فى حالة تمدد وتستمر لملايين السنين الى أن تتلاشى تدريجيا وتذوب فى الوسط العام السائد فى الفضاء ·

وينتج عن انفجار المتقزم الأبيض أن تنتشر فى الفضاء كمية هائلة من الكربون والنتروجين والاكسجين والنيون (وهى العناصر الأكثر شيوعا بين النويات الثقيلة) · وخلال الانفجار يحدث مزيد من الاندماج النووى ولكن بقدر محـدود يسـفر عن تكوين كمية ضئيلة من النويات الأكثر تعقيدا من النيون ·

وبديهى أن عددا محدودا فقط من المتقزمات البيضاء له من الكتلة ومن القرب من نجم مرافق متضخم ، ما يتيح تحوله الى سوبر نوفا من النوع أ · غير أن الكون لابد قد شهد على مدى ١٤ بليون سنة من عمره عددا كافيا من مثل تلك الانفجارات بما يسفر عن تكون نسبة كبيرة من النويات الثقيلة فى الوسط الفضائى ·

أما الجزء المتبقى من النوى الثقيلة الموجودة فى الوسط الغازى السائد بين الكواكب فى الفضاء فهو ناجم عن الانفجارات السوبر نوفا من النوع ب · وتشمل تلك الانفجارات ـ على نحو ما أسلفنا فى هذا الكتاب ـ النجوم الثقيلة التى تعادل كتلتها عشرة أو عشرين بل وستين مثل كتلـة الشمس ·

ان مثل تلك النجوم الضخمة تتحول الى عملاق أحمر عظيم الحجم ، وتشهد خلال تلك المرحلة سلسلة من التفاعلات النووية المستمرة فى جوفها بما يتيح تكون كمية كبيرة من نـويات الحديد · وتلك هى نقطـة النهاية الميتة التى لايمكن أن يتواصل بعدها الاندماج النووى كآلية لتوليد الطاقة· ومن ثم ، وعند درجة معينة من انتاج الحديد يتعرض العملاق الأحمر للانقباض ·

غير أن مثل هـذا العمـلاق الاحمر يكون من الضخامة بمكان بحيث مهما احتوت طبقاته الجوفية المتتابعة على نويات ثقيلة بدرجاتها المتتالية وحتى الحـديد ، فان طبقاته الخارجية تحتوى على كميات هائلـة من الهيدروجين الخام الذى لم يتعرض مطلقا لحرارة عالية وضغوط تزج به فى عمليات اندماجية ·

ولكن عندما ينقبض عملاق أحمر فان ذلك يحدث بصورة مباغتة خاطفة بما يسفر عن ارتفاع مفاجىء وهائل فى كل من الحرارة والضغط · وعلى الفور ، تتعرض كل نويات الهيدروجين (والهليوم أيضا) ـ التى

كانت حتى الآن بمنأى نسبيا عن التفاعلات ـ للانسماج النووى · وينتج عن ذلك انفجار نووى مروع ، نراه على هيئة سوبر نوفا من النوع ب ·

أما الطاقة الناجمة عن ذلك الانفجـار فهى تفسح المجال لمزيد من التفاعلات النووية التى تؤدى الى تكون نويات أكثر ثقلا من الحديد · ان مثل تلك التفاعلات تحتاج الى كمية ضخمة من الطاقة ، والانفجارات السوبر نوفا من النوع ب تولد في ذروتها مثل ذلك القدر ، لتتكون بالفعل نويات تصل فى تعقيد بنيتها الى نوى اليورانيوم بل وأبعد من ذلك·ان الطاقة المتوفرة في تلك اللحظة تتيح تكون نويات العناصر المشعة (أى غير المستقرة) والتى ستتعرض يوما ما للانشطار · وفى الواقع فان كل النويات الثقيلة الموجـودة حاليا فى الكون انما هى نتيجـــة انفجارات سوبر نوفا من النوع ب ·

والنجوم التى لها من الكتلة ما من شأنه أن يؤول بها حتما الى انفجار سوبر نوفا من النوع ب ليست شائعة الوجود ، اذ لاتتجاوز نسبتها واحدا فى المليون · وقد يعطى ذلك انطباعا بندرة وجود مثل تلك النجوم ولكنه انطباع دون الحقيقة ، فهذه النسبة تعني وجود عشرات الالوف من تلك الفئة من النجوم فى مجرتنا ·

واذ عرفنا أن مثل تلك النجوم الضخمة لا يدوم بها الحال فى مرحلة الطور الرئيسى الا لبضعة ملايين من السنين ، الا يبعث ذلك على التساؤل لماذا لم تتعرض كلها للانفجار منذ زمن بعيد؟·والاجابة هى أن الزمن يشهد باستمرار تكون نجوم جديدة ومنها ما هو ثقيل·وظواهر السوبر نوفا من النوع ب التى نراها الآن ان هى الا انفجارات نجوم تكونت منذ عهد قريب لا يتجاوز عدة ملايين من السنين · اما الانفجارات السوبر نوفا « ب » التى ستحدث فى المستقبل البعيد فلم تتكون بعد النجوم الضخمة التى ستتعرض لمثل ذلك الحدث ·

وقد يكون هناك انفجارات سوبر نوفا أعنف من النوع ب · فحتى وقت قريب نسبيا لم يكن أحد من علماء الفلك يتصور وجود نجوم تزيد فى كتلتها عن ستين مثل كتلة الشمس · كانوا يعتقدون انه لو زادت كتلة النجم عن تلك النسبة لتولد فى جوفه من الحرارة ما يؤدى الى انفجاره على التو مهما بلغ من قوة جاذبيته · وذلك يعنى انه سينفجر بمجرد أن يتكون ·

غير أنه تبين فى الثمانينات من القرن الحالى أن ذلك الفكر لم يأخذ فى الحسبان ببعض جوانب نظرية اينشتين عن النسبية العامة · وما أن أضيفت تلك الاعتبارات الى الحسابات الفلكية حتى اتضح انه يمكن وجود

نجوم يصل قطرها الى مائة مثل قطر الشمس وتصل فى كتلتها الى ألفى مثل كتلة الشمس ومع ذلك تتسم بقدر معقول من الاستقرار٠وقد أظهرت بعض عمليات الرصد الفلكى بالفعل وجود مثل تلك النجوم فوق الثقيلة ٠

ولا شك أن النجوم فوق الثقيلة سيكون من شأنها أن تنقبض وتتعرض لانفجارات سوبر نوفا تولد طاقات تفوق بكثير ما تولده السوبر نوفا العادية وتدوم لفترات أطول كثيرا من الحالات العادية ٠ وقد يبعث ذلك على تصنيف تلك الانفجارات « كانفجارات سوبر نوفا من النوع ج » ٠

وقد قام عالم فلك سوفيتى يدعى ف ٠ ب ٠ اورتروبين بمراجعة السجلات الفلكية عسى أن يجد فيها ما يفيد بوقوع سوبر نوفا من النوع ج ٠ ولعله وجد ضالته فى انفجار سوبر نوفا رصد فى عام ١٩٦١ فى احدى مجرات برج فرساوس ، حيث وجد أن ذلك الانفجار لم يبلغ ذروة بريقه فى بضعة أيام أو أسابيع بل استغرق ذلك سنة بأكملها ثم خبا ببطء شديد حتى انه استمر مرئيا لتسع سنوات بعد ظهوره ٠ ويقدر اجمالى ما ولده من طاقة بعشرة أمثال ما يولده الانفجار السوبر نوفا العادى ٠ ورأى العلماء فى ذلك الحين ان هذا حدث غريب أوقعهم فى حيرة ٠

ان مثل تلك النجوم فوق الثقيلة تتسم بندرة بالغة ولكنها تنتج من النوى الثقيلة ما يفوق الألوف أو يزيد من مثل ما تنتجه الانفجارات السوبر نوفا العادية ٠ وهذا يعنى أنها تسهم فى تكوين قدر كبير من النويات الثقيلة السائدة فى الوسط الفضائى ٠

ويقدر عدد ما شهدته مجرتنا منذ تكونها من شتى أنواع الانفجارات السوبر نوفا بحوالى ثلاثمائة مليون انفجار (وبالطبع شهدت المجرات الأخرى نسبا مماثلة فى الانفجارات ـ كل مجرة بحسب حجمها) وذلك يكفى لأن تتكون الكميات الموجودة فى الفضاء من النوى الثقيلة وفى الطبقات الخارجية للنجوم العادية ولأى كواكب أخرى علاوة على تلك النويات الثقيلة الموجودة فى مجموعتنا الشمسية ٠

من هنا نرى أن الأرض كلها تقريبا ، والانسان فى النسبة الغالبة من بنيانه ، يعتمدان على ذرات تكونت فى جوف نجوم غير الشمس ثم انتشرت فى الفضاء بسبب انفجارات سوبر نوفا سابقة ٠ وليس بوسعنا أن نتحدث عن ذرات بعينها ونقول أى نجم مصدرها ومتى على وجه التحديد انفجر فى الفضاء ولكننا ندرك انها تكونت فى نجم بالغ البعد عن الأرض ووصلت الينا فى أعقاب انفجار وقع منذ زمن سحيق ٠

ومن ثم فنحن وعالمنا لا يرجع أصل بنياننا الى النجوم فحسب ، بل الى النجوم المتفجرة وبمعنى آخر الى الانفجارات السوبر نوفا ٠

نجوم وكواكب

الجيل الأول من النجوم

نشأ الكون في اعقاب الانفجار العظيم الذى وقع منذ نحو خمسة عشر بليون سنة · وكانت بدايته على قدر من الضآلة تفوق الخيال ، وفى ظل درجة حرارة تتجاوز كل المقاييس ·

ثم تمدد الكون بسرعة هائلة وانخفضت درجة حرارته · وكان فى مستهله يتكون من اشعاعات (فوتونات) وكوارك quarks علاوة على الالكترونات والنترينات وسرعان ما تكونت بعد ذلك جسيمات أكثر ثقلا ولكن دون الذرة مثل البروتونات والنترونات · ومع استمرار تمدد الكون وانخفاض درجة حرارته كونت البروتونات والنترونات نويات عناصر مثل الهيدروجين ٢ والهليوم ٣ والهليوم ٤ غير أن التفاعلات توقفت عند ذلك الحد · وان هي الا بضع دقائق حتى شكلت نويات الهيدروجين والهليوم الوليدة خزانا ضخما لامداد الكون ·

وبعد مضى زمن يقدر بنحو سبعمائة ألف سنة كان الكون قد تمدد وانخفضت حرارته بدرجة تتيح للالكترونات وهى تحمل شحنة كهربية سالبة اتخاذ مواقع قريبة من البروتونات وهى التى تحمل شحنة موجبة وبذلك تكونت نويات أكثر تعقيدا تعزى قوة تجاذبها الى المجالات الكهرومغناطيسية ·

وبذلك تكونت ذرات الهيدروجين والهليوم · ومن طبيعة الهليوم أن ذراته تبقى منفردة مهما اختلفت الظروف · لكن لو أن ذرتى هيدروجين اصطدمتا فى ظل درجة حرارة ملائمة فانهما تبقيان معا وتكونان تآلفا يحتوى على ذرتين ويسمى « جزىء الهيدروجين » ·

ومع استمرار تمدد الكون وانخفاض حرارته انتشر معه الهيدروجين

والهليوم فى جميع الاتجاهات • ولعلنا نتصور أن الكون فى ذلك الحين كان على هيئة سحابة قوامهـا خليط متجانس من تلك الغازات يترفق تدريجيا للخارج نتيجة التمدد المتواصل •

غير انه لسبب أو لآخر فقد السحاب صفة الكثافة المنتظمة ولم يعد متجانسا • ولعل ذلك يرجع الى تقلبات عشوائية تبعتها دوامات جرفت الذرات بحيث تكونت مناطق تدور ببطء وتتسم بكثافة أعلى من المعدل العادى تفصلها مناطق أخرى ذات كثافة أقل •

ولو استمرت الذرات تتحرك بشكل عشوائى لعادت الأمور الى ماكانت عليه•فالمناطق ذات الكثافة العالية ستفقد ذرات لتنتقل الى مناطق الكثافة الضعيفة فيؤول الحال الى عودة التجانس • غير أن الحركة العشوائية مع الدوامات من شأنها أن تؤدى الى تكون منـاطق عالية الكثافة ، لكنهـا تتسم بالتغيير المستمر فى مواقعها (على غرار مناطق الضغط العالى والضغط المنخفض فى الغلاف الجوى المحيط بالأرض) •

وما أن تتكون منطقة كثافة عالية فانها تكتسـب من الخصـائص ما يحفظ لها البقاء•فكلما زادت الكثافة فى منطقة ما اشتد مجال جاذبيتها• وكلما اشتد الجاذبيـة تصيدت الذرات المتحركة عشوائيا ومنعتها من الافلات • بل قد يكون للمناطق ذات الكثافة العالية قوة جاذبية تمكن من اقتناص ذرات من مناطق الكثافة الضعيفة فيزداد الفارق بين درجتى الكثـافة •

ويمكن القول باختصار ان الخليط المنتظم من الهيدروجين والهليوم يتحول مع الوقت الى سحب ضخمة من الغاز تفصلها فراغات تكاد تكون من عدم •

وتقدر كتلة تلك السحب الضخمة من الغازات وحجمها بقيم تعادل ما ينسب للمجرات بل وما ينسب لمجموعات المجرات • وقد أطلق على هذه السحب اسم المجرات البدائية • وقد شهدت تلك المجرات البدائية مزيدا من التفاعلات غير المنتظمة الناجمة عن الحركة العشوائية للذرات • وتتكون تلك المجرات البدائية من البلايين من سحب الغاز المحدودة التى تفصل بينها فراغات شبه خالية من أى عناصر • وبينما تتحرك المجرات البدائية وتدور حول بعضها تتكرر نفس التفاعلات على مستوى أقل بين السحب الأصغر داخل نطاق المجرات البدائية (غير أن اتجاهات الدوران تختلف وتتضاءل بحيث تتلاشى فى النهاية بالتضاد ، بمعنى آخر ليس هناك حركة دورانية للكون ككل) •

وكل سحابة غاز لها مجال جاذبية خاص بها • وكلما زادت كثافة سحابة الغــاز اشتدت قوة جاذبيتها ، حتى تصــــل الى حــــد يعرض السحابة نفسها لقوة جذب ذاتية بحيث تبدأ فى الانكماش •

وما أن تبدأ السحابة فى التقلص حتى تزداد كثافتها وبالتالى تشتد قوة جاذبيتها فتنشط آلية التقلص أكثر فأكثر • بمعنى آخر ، فلو بدأت سحابة الغاز فى التقلص فلا مفر من الاستمرار فى الانكماش وبمعدل متزايد •

ومع تقلص السحابة تتزايد الضغوط وترتفع درجات الحرارة فى جوفها • ومع مرور الزمن تصل الضغوط والحرارة الى درجة تتيح بدء التفاعلات الاندماجية النووية • وتتصاعد حرارة السحابة بسرعة الى أن تكتسب درجة من السخونة تجعلها تشع ضوءا • عند ذلك الحد ينتهى أمر سحابة الغاز وتتحول المسألة الى مولد نجم جديد •

ومع تزايد أعداد النجوم بدأ تكون المجرات البدائية • وعندما بلغ عمر الكون بليون سنة صارت المجرات البدائية المقصورة على سحب الغاز مجرات من النجوم المتلألئة ، وكانت مجرتنا واحدة منها •

وعندما تكونت المجرات كانت بنيتها مقصــــورة على الهيدروجين (بالدرجة الأولى) والهليوم ، والنجوم كذلك ومن هنا سميت « بالجيل الأول من النجوم » •

ولو تصورنا أن كل سحب الغاز تكثفت وتحولت الى نجوم من الجيل الأول لانتهت تلك الآلية الى الأبد • ويتسم الجيل الأول من النجوم بالحجم المحدود وبالهدوء • وذلك من شأنه أن يطيل بقاء مثل تلك النجوم فى مرحلة الطور الرئيسى لمدة ١٤ بليون سنة ، ومن ثم فهى مازالت موجودة الى يومنا هنا • أضف الى ذلك انها عندما تتعرض للانقباض فى أعقاب مرحلة الطور الرئيسى ، فان الحدث يمضى فى هدوء نسبى وينتهى بها المآل الى متقزمات بيضاء •

وثمة مجرات يبدو من محتواها المحدود من سحب الغاز والغبار أنها تتكون كلها تقريبا من نجوم من الجيل الأول • ويمكن تبرير ذلك بأن مثل تلك المجرات كانت تتسم خلال نشأتها الأولى بتوزيع منتظم وحجم موحد نسبيا لمحتواها من سحب الغاز •

الجيل الثانى من النجوم

غير أن سحب الغاز فى مجرات أخرى ، بما فيها مجرتنا ، لم تكن متساوية الحجم لسبب أو لآخر • وكلما زاد حجم السحابة كانت جاذبيتها أقوى وتكثفت بمعدل أسرع من غيرها • وتتحول السحب الضخمة فيما بعد الى نجوم ثقيلة وهى نجوم تتسم بقصر العمر وتتعرض فى نهاية مرحلة الطور الرئيسى لانفجارات سوبر نوفا •

وقياسا بزمن الكون فان الانفجار السوبر نوفا يبدو حدثا لحظيا • ولعل النجوم التى تعرضت لانفجارات سوبر نوفا فيما مضى قد لفظت بعضا من مادتها فى الفضاء بينما لم يكن الكثير من سحب الغاز المتبقية قد تكثفت بقدر يتيح تحولها الى نجوم •

ومع اختلاط سحب الغاز بحمم الانفجارات ترتفع درجة حرارتها • وكلما زادت درجة الحرارة فى السحابة نشطت الحركة العشوائية للذرات فيها وبالتالى تندفع تلك الذرات الى الخارج وتسعى الى الفكاك • ولو أن سحابة انخفضت حرارتها بدرجة ملائمة ، وبدأت عملية التكثف تحت تأثير قوة جاذبيتها ، تعرضت للتسخين بهذه الطريقة فسوف تتمدد ، وبالتالى ستضعف قوة جاذبيتها وتتأخر عملية التكثف لزمن طويل ، بل قد يطول الى مالا نهاية •

يتبين من ذلك أن تلك الانفجارات السوبر نوفا المبكرة كان لها تأثيران • التأثير الأول هو الابقاء على سحب الغاز ومنع تكثفها فصارت العديد من المجرات ـ وحتى يومنا هذا ـ غنية بمثل تلك السحب • أما التأثير الثانى فيتمثل فى تغذية تلك السحب بنويات أثقل من الهليوم • وقد تتحد تلك النويات الثقيلة مع الهيدروجين أو مع غيره من الجسيمات فيتكون الغبار وتصبح السحب مكونة من الغاز والغبار •

وبالتالى ، فبينما لا تشكل سحب الغاز فى بعض المجرات أكثر من ٢٪ من كتلتها الاجمالية ، فهى تمثل فى مجرات أخرى ـ تلك التى تعرضت لتأثير انفجارات سوبر نوفا ـ ما يربو على ٢٥٪ من كتلتها الاجمالية • وتحتوى فى هذه الحالة على غبار علاوة على الغاز •

ولا تتسم سحب الغاز والغبار ، فى المجرات الغنية بهذا الوسط ، بتوزيع منتظم • وعادة ما تكون مثل تلك المجرات مجرات حلزونية ، وتتركز السحب بشدة فى أذرعها الحلزونية • وتنتسب مجرتنا لتلك الفئة من المجرات ، وتقع شمسنا فى أحد أذرعها الحلزونية • وتفيد بعض

التقديرات بأن سحب الغاز والغبار تمثل نحو نصف كتلة تلك الأذرع الحلزونية ٠

وينتشر الغبار فى المجرة التى نعيش فيها ويتركز فى أطرافها بدرجة تعوق رؤيتنا لبنيتها ٠ فلا مجال لأن نرى ، فى المستوى الذى تتركز فيه السحب ، الا النجوم القريبة ، اما ما هو أبعد من ذلك فتحجبه السحب ٠ فليس فى مقدورنا أن نرى الضـــوء العادى المنبعث من مركز مجرتنا ، فما بالنا بأى جزء يقع الى أبعد من ذلك فى المجرة ٠

ولولا أننا تعلمنا استخدام الموجات اللاسلكية ، التى تخترق ذلك الوسط بسهولة ، ولولا أن مركز مجرتنا يعتبر من المناطق النشطة التى تنبعث منها كميات وفيرة من هذه الموجات لما عرفنا شيئا عن خصائص تلك المنطقة ٠

لقد تعرضت السحب السائدة حاليا فى مجرتنا لتأثير ملايين من الانفجارات السوبر نوفا على مدى ١٤ بليون سنة ومن ثم صارت خليطا غنيا بشكل ملموس ٠ والذرات الثقيلة ، التى تفوق الهليوم فى كتلتها ، والتى انتقلت الى الفضاء ضمن الحطام الذرى الثقيل الذى أطاحت به الانفجارات السوبر نوفا الرهيبة ، تشكل ١٪ من عدد ما تحتويه السحب الضخمة من ذرات بينما تشكل زهاء ٣٪ من كتلتها ٠

ومن حين لآخر تتعرض واحدة من تلك السحب المخصبة ذريا ـ سواء فى مجرتنا أو فى مجرات أخرى ـ للانقباض وتكون نجما أو عددا من النجوم بل قد تكون مجموعة كاملة من النجوم ٠ والنجوم التى تتكون من سحب تحتوى على كمية ملموسة من الذرات الثقيلة ، يطلق عليها « الجيل الثانى من النجوم » ، فهى تتسم بأن بنيتها تتكون ـ بدرجة محدودة ولكن قابلة للقياس ـ من مادة نشأت فى جوف نجوم قديمة صارت فى حكم العدم أو على الأقل انتقلت من مرحلة الطور الرئيسى ٠

والشمس تنتمى لهذا الجيل الثانى من النجوم فهى لم تتكون الا منذ ٤ر٦ بليون سنة حيث لم يكن عمر المجرة يتجاوز نحو عشرة بلايين سنة ٠ لقـــد تكونت من ســحابة تتميز باحتوائها نفايات مما وقع من انفجارات سوبر نوفا على مدى هذه البلايين من السنين ٠ ومن ثم احتوت الشمس لدى نشأتها كمية وفيرة من الذرات الثقيلة رغم أن الغالبية العظمى من بنيتها كانت مقصورة على الهيدروجين والهليوم ٠

وبما أن نجما مثل الشمس قد تكون بعد مضى عشرة بلايين سنة منذ الانفجار العظيم ، فلابد أن نجوما أخرى قد تكونت منذ ذلك الحين ٠

(ليس هناك ادنى شك فى ذلك ، فثمة نجوم فى مرحلة الطور الرئيسى وتبلغ من الثقل ما يجعل كل عمرها فى تلك المرحلة لا يتجاوز بضعة ملايين من السنين ، وذلك يعني انها لم تتكون الا منذ بضعة ملايين من السنين) . ومن المؤكد فى الواقع ، أن هناك حاليا نجوما تحت التكوين فى مجرات مختلفة بما فيها مجرتنا ، وقد تكون قريبة منا ، وليس من المستبعد أن يجيء يوم يحمل برهانا على مولد نجم جديد .

ولكن ماذا عن سديم الجوزاء ؟ ان تلك السحابة من الغاز والغبار تعادل كتلتها الاجمالية ثلاثمائة مثل كتلة الشمس وتحتوى بالتأكيد على نجوم والا ما كانت تبدو على نحو ما هى عليه من بريق . غير أن الغبار والغاز المحيطين بالنجوم يحجبانها تماما ، مثل زجاج مصباح يكسوه الضباب ، فهو يضوى نتيجة توهج السلك الكهربائي ولكنه يحجب ما بداخل المصباح فلا نرى تفاصيله . وتفيد الدلالات بأن النجوم فى سديم الجوزاء بالغة الثقل ، ومن ثم فلابد وأن تكون حديثة التكون . ومن المؤكد انها تكونت من احدى السحب ومن المؤكد أيضا أن ثمة نجوما أخرى تحت التكوين

وبما أن عملية تكون النجوم مستمرة فذلك يعنى أن بعض السحب تتكثف وتنقبض وتزداد كثافة ومن ثم تفقد تدريجيا صفة الشفافية . أما الضوء المنبعث من النجوم الداخلية فى السديم والذى يخترق السحاب فيضفى عليه البريق ، فهو يصطدم بتلك المناطق الكثيفة ولا يخترقها . وبالتالى يظهر ذلك فى صورة بقع صغيرة سوداء شبه مستديرة .

وقد أشار عالم الفلك الأمريكى الهولندى الأصل بارت جان بوك (١٩٠٦ ـ ١٩٨٣) فى عام ١٩٤٧ الى وجود مثل تلك البقع السوداء المستديرة فى سديم الجوزاء ، ومن ثم سميت « كريات بوك » . ومن الجائز أن تمثل تلك البقع نجوما فى سبيلها الى التكون .

ولعلنا نتساءل ما الذى يستجد ويجعل السحب تتكثف الى نجوم فى حين انها ظلت على هيئتها لبلايين السنين دون أن تتعرض لتلك العملية . قد يرجع ذلك الى أن الحركة العشوائية للذرات والغبار فى تلك السحب ربما هيأت مجالا لزيادة الكثافة فتزداد بالتالى الجاذبية ومن ثم تبدأ عملية التحول . غير أن ذلك التبرير بعيد الاحتمال ، ولو كان سليما لتوقعنا أن يحدث ذلك منذ بلايين السنين .

بل ان الحركة العشوائية قد تعمل فى الواقـع على تشتيت سحابة ما بحيث تذوب مادتها فى المناطق شبه الفراغية من الوسط الفضائى . فرغم كل شىء ثمة خلفية رقيقة للغاية من الغاز والغبار الدقيق تسود كل

الحيز فيما بين شتي الاجرام السماوية • ولعل تلك الخلفية تتكون ، في جانب منها ، من المادة التى أفلتت من كل عمليات التكثف ، سـواء على هيئة نجوم أو حتي سحب ، علاوة على ما يضاف اليها من المادة التي تزحت خارج السحب •

وكان عالم الفلك الالماني جوهانز فرانز هارتمان (١٨٦٥ ـ ١٩٣٦) هو أول من أثبت في عام ١٩٠٤ وجود مثل تلك الخلفية • فبينما كان يدرس التحليل الطيفي لأحد النجوم وجد خطوط الطيف تتزحزح ، وجاء ذلك وفقا لتوقعاته فقد كان النجم يبتعد عن الأرض • غير أن هارتمان لاحظ أن بعض الخطوط ، وهى الخطوط التى تمثل عنصر الكالسيوم ، لا تتزحزح • واستنتج من ذلك أن الكالسـيوم لا يتحرك ومن ثم فهو لاينتمى لذلك النجـــم •

وبما انه لم يكن ثمة ما يفصل بين النجم والأرض سوى الفضـاء « الفراغى » فلابد أن الكالسيوم موجود فى هذا الفراغ الذى لم يعد بناء على ذلك فراغا تاما • غير أن كثافته لابد أن تكون متناهية الضآلة • وخلال رحلة الضوء المنبعث من النجم الى الأرض ، عبر مسافات تصل الى بضع سنين ضوئية ، لابد أنه صادف مرارا ذرات كالسيوم وفى كل مرة يمتص فوتونا من الضوء • ومع تكرار الصدفة في رحلة الضوء تبلغ الفوتونات الممتصة قدرا يتجسد فى خط أسود واضح •

وفى عام ١٩٣٠ أثبت عالم الفلك الأمريكي السويسرى الأصل روبرت جوليوس ترامبلر (١٨٦٦ ـ ١٩٥٦) أن هناك قدرا من الغبار فى الفراغ الفضائى بما يكفي لأن يضعف بشكل ملموس ضوء الاجرام البعيدة ، مع الأخذ في الحسبان بأن ذلك الغبار قد يكون متناهي الدقة •

ونستنتج من ذلك أن سحب الغاز التى لا تزال موجودة ومحتفظة « بهويتها » بعد بلايين السنين (مثل السحابة التى تكونت منها الشمس وغيرها من السحب الموجودة حتى يومنا هذا) تتسم بحالة اتزان هشة ، فلا هى على قدر من الكثافة ، أو بدرجة حرارة منخفضة بشكل يتيح بداية عملية التكثف ، ولا هى من الندرة أو على درجة من السخونة تكفى لأن تتسرب الى الفراغ الفضائى •

وكي يتكون نجم من سحابة غاز من هذا القبيل فلابد من وقــوع ما يفضى الى خلخلة ذلك الاتزان حتى ولو كان حدثا هينا أو عارضـا •

فما عساه أن يكون ذلك الحدث ؟

لقد طرح علماء الفلك عدة احتمالات • ففى سديم الجوزاء على سبيل المثال قيل ان النجوم الفتية الضخمة الساخنة الموجودة حاليا لابد أنها تشكل مصدرا لرياح نجمية قوية ، تعتبر رياح شمسنا نسيما بالمقارنة بها • وبانطلاق تلك الرياح من النجوم الى الوسط السديمى فانها تدفع أمامها سحب الغبار والغاز وتعرضها للانضغاط فتزداد الكثافة على نحو ما يتم بآليات أخرى • ويؤدى ذلك بدوره الى زيادة قوة الجاذبية فى ذلك الجزء من السحابة فتبدأ عملية التكثف مما يسفر عن مزيد من الانضغاط ، فمزيد من قوة الجاذبية وهلم جرا الى أن تتكون « كرية بوك » تمهيدا لتكون نجم جديد •

ولكن كيف تكونت أصلا تلك النجوم الفتية الساخنة ؟ وعلى وجه الخصوص كيف تكون أول نجم فى سديم الجوزاء قبل أن تكون هناك رياح نجمية عاتية فى السديم تفجر عملية الانضغاط ؟

هنـــاك عـــدة احتمـــالات :

فسحب الغاز والغبار السائدة فى الفضاء فى حركة مستمرة ــ مثل النجوم ــ وتدور بجلال حول المناطق المركزية التى يتركز فيها معظم كتلة المجرة • وقد يتصادف أن تمر احدى تلك السحب بجوار نجم ثقيل ساخن يرسل رياحا نجمية تولد موجة ضغط وتتهيأ الفرصة لتكون نجم •

أو قد تلتقى سحابتان وتتدافعان برفق بما يولد قدرا ضئيلا من الانضغاط ، أو ببســاطة قد تتداخلان مع بعضهما مكونتين منطقــة ذات كثافة أعلى من كثافة كل منهما على حدة ، فترتفع قوة جاذبية منطقة التداخل وتبدأ عملية التكثف •

بل قد يحدث أن تمر سحابة بمنطقة فى الفضاء بعيدة عن النجوم المحيطة بها فتنخفض درجة حرارتها قليلا ، مما يسفر عن تباطؤ حركة الذرات والجسيمات فى السحابة فتتقارب من بعضها وتصبح السحابة أكثر كثافة وتبدأ السلسلة •

غير أن كل تلك الاحتمالات تعتبر بواعث واهية لا تتفق بأى حال مع معدل تكون النجوم • الا يمكن أن تكون هناك بواعث أقوى ؟

نعم ! فلو وقع انفجار سوبر نوفا على الحدود القريبة نسبيا من واحدة من سحب الوسط الفضائى فان موجة المواد المندفعة نتيجة الانفجار سترتطم بالسحابة كموجة تصادمية • ومن شأن ذلك الانفجار أن يأتى بتأثير اقوى كثيرا من أي عارض يقع على مقربة من نجم عادي ، أو نتيجة

تداخل سحابتين • ومن ثم تتعرض السحابة لضغوط أعنف وتتهيأ فرصة أكبر لبدء عملية تكون نجم جديد •

وان كنا قد ذكرنا في فقرة سابقة من هذا الباب أنه لو وقع انفجار سوبر نوفا فقد يكون من تأثيره رفع درجة حرارة سحب الوسط الفضائى المحيطة به بما يحول دون تكثفها ، فان ذلك يتوقف بدرجة أكبر على مدى قرب المسافة بين مركز الانفجار والسحابة ، وعلى مدى كثافة السحابة وقت وقوع الانفجار ••• الخ • المسألة اذن مرهونة بالملابسات ، فأحيانا يكون التأثير الحرارى للانفجار الســوبر نوفا هو الغالب وأحيانا أخرى التأثير الضغطى • والاحتمال الثانى هو الذى يفضى الى تكون النجم الجديد •

ومن هنا نتساءل ، هل حدث (وهو مجرد فرض ، لا يقوم على أى دليل دامغ) ان انفجارا سوبر نوفا قد وقع منذ ٤٫٦ بليون سنة على بعد لا يتجاوز بضع سنين ضوئية من سحابة ظلت حتى ذلك الحين مستقرة فى حالة اتزان لمدة عشرة بلايين سنة ؟ وهل نتج عن ذلك الانفجار قدر كاف من الضغط لتبدأ عملية آلت فى نهايتها الى تكون الشمس ؟

لو أن ذلك صحيح ، يصبح للانفجارات السوبر نوفا ثلاث خصائص مفيدة تجعلنا ندين لها بالامتنان :

الفائدة الأولى هى أن تلك الانفجارات زودت الفضاء على مدى الدهر بالعناصر الثقيلة التى ما كان لها أن تبعث الى الوجود بوسيلة أخرى ، وهى عناصر أساسية لعالمنا وللبشر وبدونها ما كانت تقوم لحياتنا قائمة (وربما لأى حياة أخرى قد تكون قائمة فى أى مكان آخر من الكون) •

وتتمثل الفـائدة الثانية فى أن الطــاقة الناجمة عن الانفجارات السوبر نوفا قد حالت دون أن تتعرض أعداد هائلة من السحب الفضائية (بما فى ذلك السحابة التى تكونت منها الشمس) لعملية تكثف مبكر قبل أن تتشرب بالقدر الكافى من العناصر الثقيلة •

أما الفائدة الثالثة فهى نابعة من أن أحد الانفجارات السوبر نوفا كان السبب فى تكون الشمس ، حيث وقع على مقربة نسبية من احدى السحب الفضــائية التى اكتسبت قدرا كافيا من العناصر الثقيلة ، فبعثها على التكثف ليتكون ذلك النجم •

تــكون الــكواكب

لقد رأينا كيف يمكن أن يتكون نجم (أو اثنان ، أو حتى مجموعة من النجوم) نتيجة مجرد تعرض سحابة فضائية ، منتشرة أصلا بين النجوم ،

للانضغاط • ولكن كيف يمكن أن ينتهي الأمر بنجم مثل الشمس بأن يكون محاطا بكواكب ـ وهي اجرام ذات حجم أقل كثيرا من أن يتيح تحولها الى نجــوم ؟

لقد طرحت فئتان من النظريات لتفسير ذلك الأمر : الفئة الأولى تعزوه الى حادث عارض ، أما الفئة الثانية فتقول انه نتيجة تطور طبيعي •

تقول نظريات الحادث العارض ان النجــوم تتكون في بدايتها على نحو ما هي عليه من هيئة ـ ســواء مفردة أو ثنائية ـ دون أن تكون لها عائلة من الكواكب • وقد يمكث النجم (وهذا ما يحدث في أغلب الأحيان) كل عمره في مرحلة الطور الرئيسي ، ثم يتمرد ويتحول الى عملاق أحمـر وأخيرا ينقبض ، ويمضي طوال تلك المراحل بدون كواكب •

غير أن النجم يتعرض خلال وجوده لحادث عارض عنيف • فقد يقترب منه أو يمر بجواره نجم آخر • ويكون من نتيجة قوة الجاذبية الهائلة المتبادلة بين النجمين أن تتطاير كتل من كليهما وتتطور الى أن تكون عائلة من الكواكب وربما عائلتين ، واحدة لكل نجم • أو قد يتعرض أحد طرفي نجم ثنائي لانفجار سوبر نوفا من النوع الذي لا يبقى بعده سوى فتات يجــذبها الطرف الثـــاني فتصبح كواكب في فلكه • وفي كلتا الحالتين (أو في حالة وقوع أي حادث عارض آخر قد يخطر على البال) فان الكواكب تعتبر أحدث ، بل أحدث كثيرا من النجوم التي تدور في فلكها •

غير أن مثل تلك الحوادث العارضة نادرا ما تحدث ، ولو أن النظريات القائمة عليها صحيحة لكانت الكواكب ظاهرة غير شائعة ، ولكانت مجموعتنا الشمسية واحدة من عدد محدود للغاية من مثل تلك النظم في المجرة •

أما النظريات القائمة على التطور فلا تفرق بين طريقة تكون النجوم والكواكب ، ومن ثم فهي ترى أن الكواكب من نفس عمر النجوم التي تدور حولها • وعلى ذلك فان كل الاجرام في مجموعتنا الشمسية بدءا بالشمس ذاتها الى أبعد مذنب لها نفس العمر • وعلاوة على ذلك يستنتج من تلك النظريات أن معظم النجوم ـ ان لم يكن كلها ـ لها مجموعة من الكواكب تدور في فلكها •

فأي الفئتين صائب ؟

من العسير الرد على ذلك السؤال • ان الشواهد الحالية لا تمكن من ترجيح رأي على آخر • فمازالت الدراسات التي أجريت حتى الآن عن تكون النجوم غير كافية لأن تحسم تلك المسألة المتعلقة بنشأة الكواكب • بل انه ليس في وسعنا تحديد ما اذا كانت المجموعات الشمسية شائعة جدا

فترجح نظريات التطور) أم نادرة جدا (فترجح نظريات الحادث العارض) • ان السبيل الوحيد المتاح لترجيح فكرة أو أخرى مازال مقصورا على التقديرات النظرية •

ولقد كانت كلتا الفئتين من النظريات تشوبهما قبل الاربعينيات من القرن الحالى نقاط ضعف جوهرية حتى ان علماء الفلك المتعمقين كانوا يرفضونهما معا • بل لقد بلغ من ضعف النظريات كلها فى ذلك الحين ان بدا أن الاستنتاج الوحيد المعقول بشأن المجموعة الشمسية هو انه لا وجود لها •

غير أن صيغا جديدة للنظريات القائمة على نشأة الكواكب بالتطور طرحت فى الاربعينات وعالجت فيما يبدو أسوأ ما فى جوانب القصور وتم التوصل الى فكرة مقبولة عن كيفية تكون المجموعة الشمسية • ولنركز اذن على نظرية التطور ، التى طرح كانت ولابلاس أول صيغة لها خلال النصف الثانى من القرن الثامن عشر ، فى صورة نظرية السديم •

كانت نظرية السديم تتضمن خاصية تعرف باسم « كمية التحرك الزاوى » • وقد عرفت تلك الخاصية فى بداية الأمر لمعالجة حركة الدوران البطيئة للسحابة الفضائية التى تكثفت وتكونت منها الشمس • وترتهن كميه التحرك الزاوى فى جانب منها بسرعة الدوران ، وفى جانب آخر بمتوسط بعد كل أجزاء الجسم عن محور الدوران • وثمة نظرية راسخة فى الفيزياء تقول بأن اجمالى كمية التحرك الزاوى فى نظام مغلق (أى لا يتعرض لأى تأثير خارجى) ثابت • وتطبيقا لتلك النظرية فان تكثف السحابة الفضائية من شأنه أن يسفر عن تناقص تدريجى فى متوسط أجزائها عن محور الدوران • ولمعادلة ذلك التناقص فلابد أن تزيد سرعة الدوران كى تظل كمية التحرك الزاوى ثابتة •

ومع زيادة سرعة الدوران ، تتسبب قوة الطرد المركزية فى انبعاج خط استواء السحابة للخارج ، وبدلا من الشكل شبه الكروى الذى بدأت به تكتسب شكلا انبعاجيا متناميا • ومع مرور الوقت يزداد الانبعاج لدرجة تتيح انسلاخ كتلة من السحابة على هيئة حلقة وانفصالها عن خط الاستواء • وما تلبث تلك الكتلة أن تتكثف وتتحول الى كوكب • أما السحابة المتبقية فقد أصبحت أقل حجما وبالتالى صارت تدور بسرعة أكبر ويستمر الانبعاج الى أن تنفصل حلقة ثانية • وتتكرر تلك العملية مرارا الى أن تتكون كل الكواكب • وتتعرض الكتل الحلقية المنفصلة عن السحابة هى أيضا لنفس الآلية خلال تكثفها ، فهى تدور بسرعة متزايدة وتنفصل عنها كتل حلقية أقل حجما تؤول الى أقمار •

وقد بدت نظرية السديم معقولة ، ومن ثم شاعت خلال معظم القر التاسع عشر، وان ظل من المستعصى على الفهم أن تتكثف حلقة الما المنفصلة لتؤول الى كوكب بدلا من أن تكون حزاما من الكويكبات السيا أو تتلاشى فى الفضاء • بل ان الأكثر غموضا أن ٩٨ فى المائة من ك التحرك الزاوى تتركز فى مختلف كواكب المجموعة الشمسية ولا يبق للشمس ذاتها سوى ٢ فى المائة • ولم يجد علماء الفلك أى تفسير لما بدا م تركز كمية التحرك الزاوى كلها فى الحلقات الصغيرة من المادة المنسل خلال عملية تكثف السحب • وقد تسببت نقطة الضعف هذه فى اقصا نظرية السديم جزئيا ومن ثم ازداد شيوع نظرية الحادث العارض (بر يشوبها من مشكلات مبهمة) لمدة خمسين سنة •

غير أن عالم الفلك الألمانى كارل فريدريك فون فايتسكر (١٩١٢ ــ) أدخل فى عام ١٩٤٤ تعديلا على نظرية السديم فقد تصور أن السحابة ــ بدلا من أن تدور بانتظام كجسم واحد ــ تدور على هيئة سلسلة من الدوامات • ومع تكثف السحابة وازدياد انبعاجها تتضخم أقطار الحلقات الدوامية وتبدو أكثر تباعدا من المركز • وأينما احتكت الحلقات الدوامية ببعضها ترتطم جسيمات المادة فى كل منها وتؤول الى التلاحم • وتتضخم الجسيمات فى أماكن التلاحم وتتكون الكواكب بحيث يكون بعد كل كوكب عن الشمس ضعف بعد نظيره التالى الأقرب الى الشمس •

واستنادا الى نظرية فايتسكر بات أسلوب تكون الكواكب يسيرا على الفهم بعد أن بددت الغموض الذى كان يكتنف عملية تلاحم حلقات الغاز وتحولها الى كواكب • ولكن بقى سؤال محير يتعلق بهذا التوزيع الغريب لكمية التحرك الزاوى فى المجموعة الشمسية • ولكن سرعان ما تم بلورة نظرية فايتسكر بالرجوع الى المجال الكهرومغناطيسى للشمس وما يتعرض له هذا المجال من تغييرات نتيجة عملية التكثف • وبذلك أمكن فهم سر تحول كمية التحرك الزاوى من الشمس المركزية الضخمة الى الكواكب الصغيرة الواقعة على حدود المجموعة الشمسية ، ومن ثم صار علماء الفلك على يقين من أن لديهم مجموعة من التفاصيل الأساسية عن اسلوب تكون مجموعات الكواكب •

والسؤال المطروح الآن هو : لماذا تتباين الكواكب فيما بينها من حيث الحجم والخصائص الأخرى ؟

لو اعتبرنا أن الشمس من نجوم الجيل الأول وتتكون كلية من الهيدروجين والهليوم ، فلا بد أن تكون الكواكب على غرارها • فمادام

السحاب مكون برمته من الهيدروجين والهليوم فذلك يعنى أن الكواكب لها نفس مركبات الشمس •

ومن طبيعة الهليوم والهيدروجين (الأول على هيئة ذرات منفردة والثانى على هيئة جزيئات ثنائية الذرات) أنهما لا يتحدان ويبقيان على هيئتهما الغازية حتى درجات حرارة منخفضة للغاية • والشيء الوحيد الذى يبقيهما معا هو قوة الجاذبية •

ولو تأملنا عملية تكثف سحابة مكونة من الهيدروجين والهليوم لوجدنا « صراعا » عنيفا متواصلا بين شتى قوى الجاذبية فمنها ما يعمل على الابقاء على تماسك الكتلة بينما تعمل الحركة العشوائية للذرات المفردة والجزيئات على تفتيت الكتلة وتناثرها • ولكن كلما ازدادت كتلة المادة المتكثفة وكلما تقدمت عملية التكثف اشتدت قوة الجاذبية وازداد الجسم تماسكا • ومن ناحية أخرى ، كلما انخفضت درجة حرارة الكتلة أبطأت الحركة العشوائية للذرات والجزيئات ومن ثم قل النزوع الى التناثر بما يعمل أيضا على زيادة تماسك الجسم •

ولم تكن ثمة مشاكل بشأن تماسك الشمس لدى تكونها ، فهى تحتوى على ما يربو على ٩٩ فى المائة من كتلة المجموعة الشمسية • ورغم كونها على هيئة كرة من الغاز من اليسير تشتتها لو توافرت ظروف مواتية ، وحتى بعد أن تعرضت للاشتعال النووى وصارت على درجة كبيرة من السخونة بما له من أثر بالغ على اشتداد الاتجاه الى التشتت ، فقد كانت قوة الجاذبية بالغة الشدة بحيث لم تصادف مشاكل فى الحفاظ على تماسكها •

أما الكواكب ـ وهى المكونة من كتل من الهيدروجين/هليوم تقل بدرجة شاسعة عن كتلة الشمس ـ فلابد أنها صادفت قدرا أكبر من المشاكل لدى تكونها •

ولعلنا ندرك أن الكواكب لدى تكونها كانت على مسافات متباينة من الشمس المتنامية فمنها ما كان قريبا للغاية ومنها ما كان على مسافة كبيرة • وقد اتسمت عملية نمو تلك الكواكب كلها بالبطء ، ويعزى ذلك الى أن مجالات الجاذبية فيها كانت تكفى بالكاد للتغلب على الاتجاه الى التشتت • ولكن ما أن تبدأ عملية نمو الواحد من تلك الكواكب حتى تتزايد قوة الجاذبية وتشتد بالتالى القدرة على مقاومة الاتجاه الى التشتت ومن ثم يتعاظم معدل نمو ذلك الكوكب (على غرار كرة الثلج) •

ولما كانت كتل الهيدروجين / هليوم التى تتكون منها الكواكب كبيرة نوعا ما ، فانه يتولد لدى تكثفها درجات حرارة متوسطة فى جوف تلك

الكواكب • ولكن ليس من شأن هذه الكواكب بطبيعة الحال أن تتعرض في جوفها لدرجات حرارة أو ضغوط تقارن بما تتعرض له الشمس ، وبالتالى لم يشهد أى كوكب عملية اشتعال نووى تتيح تحوله الى نجم صغير •

وفى نفس الوقت فان حجم الكواكب كاف للحفاظ على تماسكها رغم ما تتعرض له في جوفها من درجات حرارة تعمل على اشتداد قوي التشتت• ولحسن الحظ فان قدرة المادة المكونة للكواكب على نقل الحرارة ضعيفة وبالتالى يظل سطح الكواكب باردا وهو أكثر الأماكن تعرضا لخسائر التبدد •

وربما كانت الكواكب على وشك اكتمال تكونها عندما بلغت الشمس المتكاثفة مرحلة الاشتعال النووى والتوهج•ولو صح ذلك لتعرضت الكواكب لعاملين جديدين :

الأول هو أن الشمس ستصدر اشعاعات من شأنها تسخين سطح الكواكب الوليدة • أما الثانى فهو أن الشمس ستنفخ رياحا شمسية فى كافة الاتجاهات •

ومن شأن تسخين سطح الكواكب أن ينشط الميل الى التبدد ، مما يسفر عن تصاعد سحب مكونة من بخار خليط الهيدروجين والهليوم من الكواكب • ثم تأتى الرياح الشمسية فتعصف بهذه الأبخرة بعيدا عن الكواكب •

وبديهى أن هذين العاملين سيكونان أكثر فعالية بالقرب من الشمس ويقل تأثيرهما كلما ابتعد الكوكب عنها • وكلما ازداد قرب الكواكب الوليدة من الشمس اشتدت عملية تبخرها وازدادت قوة عصف الرياح الشمسية بأبخرتها مما يسفر عن تناقص كتلة تلك الكواكب ، ومن ثم تقل قوة جاذبيتها مما يعجل عمليتى التبخر والتبرد بفعل الرياح • خلاصة القول ان الكواكب القريبة من الشمس سينتهى بها المآل الى الفناء التام •

أما الكواكب الواقعة على مسافات بعيدة من الشمس ، فان تأثير عاملى التسخين والعصف بالأبخرة يكون ضعيفا ، وبالتالى تزيد احتمالات بقائها ، لا سيما الكواكب الأكثر ثقلا • أما الأقمار التابعة لتلك الكواكب فربما لا تبقى بعد تكونها نظرا لضعف مجالات جاذبيتها •

نخلص من ذلك التحليل الى أن الشمس لو كانت من نجوم الجيل الأول لكان لها عدد محدود من الكواكب لا تنطبق أوصافها ، من حيث المسافة أو التركيب الكيميائى بصفة عامة ، الا على الكواكب الغازية العملاقة

المعروفة باسم المشترى وزحل واورانوس ونبتون • وذلك يعنى انه لا مجال لوجود كواكب تصلح للحياة البشرية أو تحتوى على مواد يمكن أن تتكون منها خلايا حية • ومن ثم فان أى مجموعة كواكب تدور فى فلك نجم من الجيل الأول لا يمكن أن تقوم عليها حياة بالمعنى الذى نعرفه •

تـــكون الأرض

الشمس اذن نجم من الجيل الثانى ، ويرجع الفضل فى تكونه الى الانفجارات السوبر نوفا • وذلك يعنى أن السحب الفضائية التى تكونت منها المجموعة الشمسية تتألف من أربعة أنواع من المواد :

أولا : الهيدروجين والهليوم اللذان يكونان ٩٧٪ من كتلة السحابة الأصلية حتى وان كانت من الجيل الثانى •

ثانيا : العناصر التى تربو قليلا فى كتلتها على الهيدروجين والهليوم وعلى رأسها الكربون والنتروجين والاكسجين • ويتحد كل من هذه العناصر الثلاثة مع الهيدروجين ليكون على التوالى الميثان والنشـــادر والمياه • ولو انخفضت درجة الحرارة فان المياه تكون أول تلك المركبات الثلاثة فى التجمد وتتحول الى ثلج • ومع مزيد من انخفاض درجة الحرارة يتجمد النشادر ثم الميثان ويتحولان الى مادتين تشبهان كثـيرا الثلج من حيث الشكل • ولما كانت درجات الحرارة السائدة لدى بداية تشكل الكواكب منخفضة ، فمن المرجح أن تلك المركبات الثلاثة (علاوة على مركبات أخرى مشابهة ولكن موجودة بنسب أقل كثيرا) كانت فى حالة تجمد ومن ثم عرفت بصفة عامة بالثلوج •

ثالثا : العناصر الأثقل مثل الالمنيوم والمغنسيوم والسيليكون والحديد والنيكل • ويتحد كل من الالمنيوم والمغنسيوم والسيليكون (علاوة على عناصر أخرى أقل شيوعا) مع الاكسجين ليكون ما يعرف « بالسليكات » • والسليكات هى المادة التى تكونت منها الرقعة الصخرية على الأرض •

رابعا : ذرات الحديد والنيكل وهى ذرات لا يستبعد أن تشترك فى تكوين السليكات ، ولكنها غالبا ما تكون وفيرة بالقدر الذى يجعل هذين العنصرين يبقيان معا فى صورة نقية نسبيا ، مع نسب أقل من عناصر مشابهة • تلك العناصر تعرف بالمعادن •

وقد يبدو للوهلة الأولى أن النسبة الضئيلة من العناصر الثقيلة فى السحابة الأصلية ، التى يمثل الهيدروجين والهليوم ٩٧٪ من كتلتها ،

تكفى بالكاد لتكوين كوكب مثل الأرض • وعلى ذلك نكون قد وصلنا بافتراض أن الشمس نجم من الجيل الثانى الى نفس النتيجة السابقة بافتراضها نجما من الجيل الأول • ولكن اجمالى كتلة المجموعة الشمسية يعادل ٣٤٣٦٠٠ مثل كتلة الأرض ولو أن ٣ فى المائة من هذا الاجمالى يتكون من عناصر ثقيلة فان مثل هذه النسبة تكفى لبناء ما يزيد على عشرة آلاف كوكب مثل الأرض •

واذا كانت الشمس تستحوذ على أكثر من ٩٩ فى المائة من تلك العناصر الثقيلة ، فان مجموع كتلة الأجسام الكوكبية التى تدور فى فلك الشمس يعادل ٤٤٨ مثل كتلة الأرض • ولو أن هناك من العناصر الثقيلة ما يمثل ٣ فى المائة من تلك النسبة لكفت لتكوين ما يربو على ١٣ كوكبا فى مثل حجم الأرض •

وعلى ذلك يمكن القول بلا أى تحفظ ان من المقبول منطقيا أن يتكون كوكب مثل الأرض فى فلك نجم من الجيل الثانى مثل الشمس •

وعندما تتكون كواكب نجم من الجيل الثانى فان الصخور والمعادن تندمج أولا ، اذ تعمل القوى الكهرومغناطيسية بين شتى الالكترونات على التحام جزيئات السليكات مع ذرات المعادن بقوة ومن ثم لا يعتمد تماسكها على الجاذبية ، بل انها تبقى ملتحمة على هيئة كتل صغيرة فى ظل درجات حرارة مرتفعة قد تصل الى ألفين أو ثلاثة آلاف درجة مئوية •

كل كوكب اذن يحتوى فى جوفه على خليط من الصخور والمعادن • وفى البداية تكون الصخور والمعادن ممتزجة ولكن مع تعاظم حجم الكواكب وارتفاع درجة الحرارة فى جوفه تسهل عملية انفصال العنصرين عن بعضهما لا سيما لو بلغت السخونة حدا يتيح انصهار المعادن • ومن المعروف أن درجة انصهار الصخور أعلى من درجة انصهار المعادن غير أن درجة الحرارة قد لا ترتفع الى درجة انصهار الصخور وبالتالى يقتصر الأمر على اكسابها درجة من الليونة • ولما كانت المعادن أكثر كثافة من الصخور فانها تنزلق رويدا رويدا الى الداخل وتتجمع فى جوف الكواكب بينما تبقى المواد الصخرية لتشكل غلافا لتلك المعادن •

الأرض اذن ـ شأنها فى ذلك شأن كوكبى عطارد والزهرة ـ لها جوف معدنى تغلفه الصخور • اما المريخ والقمر فانهما ، لسبب غير معلوم حتى الآن ، يحتويان على قدر محدود نسبيا من المعادن • وتلك النسبة ممتزجة مع السليكات • ومن ثم ما زال الطابع الصخرى هو السمة الأساسية فى تكوين هذين الكوكبين •

وما أن يتكون الجوف المشكل من الصخور والمعادن كنواة لكوكب جديد حتى يعمل مجال جاذبية ذلك الجوف على تيسير عملية تجميع طبقة من الثلوج حوله ثم طبقة من الهيدروجين/هليوم حول الثلوج • يتضح من ذلك أن عملية تكون الكواكب تتم بشكل أسرع وفقا للافتراض القائم في النجوم من الجيل الثانى عن ذلك المبنى على نجوم من الجيل الأول •

ولعلنا نتساءل ، وفقا لهذا الافتراض ، ما الذى يحدث عندما تشتعل الشمس ؟ ان أسطح الكواكب القريبة من الشمس ترتفع حرارتها وتتعرض لنفحات الرياح الشمسية • ومن ثم تتبخر كل طبقات الهيدروجين/هليوم ومعظم طبقات الثلوج ان لم تكن كلها وتعصف بها الرياح الشمسية • غير أن الطبقات الجوفية المكونة من الصخور والمعادن تحتفظ بتماسكها رغم الحرارة والرياح •

وربما بلغت السخونة ، فى حالة كوكب عطارد ، وضآلة الحجم ، فى حالة القمر ، حدا أسفر عن كسح كل شيء موجود على سطحيهما • وينسحب ذلك أيضا على الكويكبات السيارة التى ربما كانت أكبر حجما وأقل عددا ابان اشتعال الشمس • أما كوكبا الزهرة والأرض فقد كانا يتمتعان بقدر من الضخامة جعلهما ــ علاوة على المريخ بسبب بعده عن الشمس ــ يحتفظان بقدر ضئيل من الثلوج وربما كانت تلك الثلوج على درجة من الاتحاد مع السليكات فى بداية الأمر • وكل ذلك كان شأنه الاحتفاظ بمواد تكون الآن الأغلفة الجوية • ولما كانت الأرض أكبر حجما من المريخ وأقل فى درجة حرارتها عن الزهرة فقد احتفظت بقدر كاف من المياه أتاح تكون المحيطات •

وفيما يتعلق بالكواكب الواقعة أبعد من المريخ فلم تتعرض لتأثير ملموس من جراء الاشعاع الحرارى والرياح الشمسية واحتفظت بكل طبقات الثلوج وأغلفة الخليط الغازى هيدروجين/هليوم التى جمعتها حولها • ومن هذه الكواكب المشترى وزحل واورانوس ونبتون • وباستثناء احتواء تلك الكواكب على كميات ضئيلة من العناصر الثقيلة فانها تتسم بنفس التركيب والخصائص التى كانت ستكتسبها لو أنها تكونت على مقربة من نجم من الجيل الأول ودارت فى فلكه •

وعلى الحدود الخارجية للمجموعة الشمسية تتوفر الظروف الملائمة ــ من درجة حرارة منخفضة وبعد عن الشمس ــ لتكون أجرام أقل حجما من الكواكب سالفة الذكر • ومن هذه الاجرام ما يغلب عليه الطابع الصخرى مثل القمر الكبير IO أقرب التوابع التى تدور فى فلك كوكب المشترى •

ومنهـــا ما يغلب عليه الطـــابع الثلجى مثـــل Ganymede ،Callisto
وهما أيضا من الأقمار التابعة للمشترى وتيتان الذى يدور فى فلك زحل ،
وأجرام أخــرى تقع على مسافات شاسعة مثل بلوتو والمذنبــات • ومنها
أيضا ما يتسم بخليط من الصخور والثلوج مثل أوروبا رابع الأقمار التى
تدور فى فلك المشـــترى

وعلى أية حال فقد تكونت الأرض فى موقع وبتركيبة أتاحا تهيئة الظروف الملائمة لقيام الحياة عليها وما كان ذلك ليتم لولا وجود الانفجارات السوبر نوفا •

الباب التاسع

الحياة والتطور

الحفريات

ان فضل الانفجارات السوبر نوفا ليس مقصورا على تكوين الأرض ، ومن ثم لابد من الالمام بتأثير تلك الانفجارات على نشأة الحياة وتطورها . ولذلك يجدر بنا أن ننتقل بدراستنا من الفلك الى الجيولوجيا والبيولوجيا . ولعلنا نستهل بحثنا بالرجوع الى ماضي كوكبنا .

لقد شهد القرنان الماضيان جهودا كثيرة من أجل تحديد عمر الأرض غير أن الفرصة لم تسنح للجيولوجيين لطرح تقديرات معقولة الا بعد اكتشاف النشاط الاشعاعي في عام ١٨٩٦ .

في عام ١٩٠٧ طرح الكيميائي الأمريكي برترام بوردن بولتوود (١٨٧٠ ـ ١٩٢٧) فكرة مؤداها انه بما أن اليورانيوم يتحلل مع الزمن ويتحول الى رصاص بمعدل بطيء للغاية ومنتظم ويمكن حسابه بسهولة ، فبوسع الانسان لو حدد كمية اليورانيوم والرصاص في صخرة ما ، أن يحسب عمر تلك الصخرة .

وبالطبع أخذ العلماء يطورون ويستحدثون طرق تحديد عمر الصخور بقياس مدى تحلل اليورانيوم والتغيرات الناجمة عن أنشطة اشعاعية بطيئة أخرى . واستنادا الى تلك القياسات انتهت الدراسات الى أن عمر المجموعة الشمسية ، والأرض بصفة خاصة يبلغ ٤٫٦ بليون سنة ، ان ذلك الرقم يصور على الأقل كم مضى من الزمن منذ أن تكاثفت سحابة الغاز والغبار الأصلية وتحولت الى أجسام صلبة ضخمة ما زالت موجودة حتى الآن .

ولما كانت الأرض قد تعرضت على مر الزمن لكافة أنواع التغيرات الجيولوجية فمن المستبعد ، بل ربما استحال العثور على صخور بقيت على حالها منذ بداية تكون الكوكب . ومن المعروف أن أقدم ما عثر عليه

من صخور على الأرض حتى الآن يرجع الى ٣ر٤ بليون سنة وبالتالى ليس لدينا أى معلومات مباشرة عن البليون سنة الأولى من عمر الأرض ٠

اما القمر فقد اكتشفت فيه صخور يرجع تاريخها الى أكثر من ٤ر٤ بليون سنة ويعزى ذلك الى أن القمر أصغر حجما من الأرض وأقل نشاطا من وجهة النظر الجيولوجية ٠ والواقع أن القمر رغم ذلك لم يسلم تماما فى بدايات تكونه من عوامل الخلل ٠ فقد تعرض كل من الأرض والقمر على مدى بضع مئات الملايين من السنين الأولى فى عمرهما ، ومع اكتمال عملية تكونهما ، لقصف عنيف بأجسام أقل حجما ٠ واذا كانت دلائل وعلامات ذلك القصف قد تبددت من على سطح الأرض بفعل الرياح والمياه والحياة بصفة عامة ، فمازال سطح القمر يحمل علامات مواقع الارتطام متمثلة فى عدد من فوهات البراكين ٠

ولعل الشهب ـ وهى الاجرام الصغيرة التى ظلت بمنأى عن أى تغيرات منذ تكونها ـ هى العنصر الكونى الذى أتاحت الدراسات التحليلية عليه الوصول الى أفضل تقدير لعمر المجموعة الشمسية البالغ ٦ر٤ بليون سنة ٠

والحياة ليست ظاهرة حديثة على الأرض ، بل انها قامت عليها على مدى جانب كبير من تاريخها الطويل ، ويشهد على ذلك ما تحمله الصخور من حفريات ٠ والحفريات هى بقايا متحجرة لأجزاء من صور الحياة القديمة ٠ ويدلل على قدمها انها اكتشفت مدفونة فى طبقات من الصخور على مسافات من سطح الأرض ٠

ورغم ان التاريخ قد سجل اكتشاف مثل تلك الحفريات فى العصور القديمة الا أن الغرب ظل لفترة طويلة من تاريخه لا يلقى بالا لهذا الأمر أو يفسر تلك الحفريات بروايات خرافية لا يقبلها عقل لأن الاعتقاد السائد فى ذلك الحين ـ والذى كان يغلب عليه الطابع الدينى ـ يفيد بأن عمر الأرض والكون كله لا يتجاوز عدة آلاف من السنين ٠ بل ان العلماء أنفسهم كانوا من المعارضين لأى محاولات للتخلى عن ذلك الاعتقاد أو مناقضته ٠

غير أن ما شـهده القرن التاسع عشر من تقدم علمى لم يدع مجـالا الا للتسليم بأن الأرض عمرها قديم جدا ٠

واذا كان العلماء لم يصلوا بعد الى مرحلة التمكن من تحديد عمر الحفريات الحقيقى ، الا أنه بوسعهم تقدير عمر نسبى لها ، فبامكانهم مثلا تصنيف الصخور بحسب قدمها وذلك بقياس العمق الذى اكتشفت فيه طبقة تلك الصخور من سطح الأرض ٠ ولعله من المنطقى القول بأن الأرض شهدت مع مرور الزمن عمليات ترسيب تدريجيـة بطيئة وبالتالى كلما ازداد عمق طبقة من الصخور دل ذلك على مدى قدمها ٠

ويكفى لتقدير العمر النسبي للحفريات استنتاج العمر النسبي لطبقة الصخور التى تنتمى اليها كل حفرية ٠

واقدم صخور معروفة حتى الآن تحمل حفريات هى التى أطلق عليها الجيولوجي الانجليزى آدم سيدويك (١٧٨٥ ـ ١٨٧٣) اسم «كامبرية» ٠ ولقد اختار سيدويك هذا الاسم نسبا وتكريما لمنطقة « كامبريا » ، وهو الاسم الرومانى القديم لما يسمى الآن فى بريطانيا ويلز ٠ ولقد كانت هذه اول منطقة يدرس فيها الجيولوجي الانجليزى هذا النوع من الصخور ٠

وكان جليا أن الحفريات الكامبرية هى بقايا احياء مائية ٠ ولا تتضمن سجلات الحفريات فى ذلك الحين أى دلالات على وجود حياة على الأرض ، بينما برزت من صور تلك الحياة القديمة أشكال شتى من أحد أنواع الحيوانات الصدفية أطلق عليها اسم « تريلوبايت » ٠ ويعد « ملك السراطين » أقرب الكائنات الحية الحالية شبها للتريلوبايت ٠

وقد تم ادراج كل ما اكتشف من صخور أقدم من الصخور الكامبرية فى فئة واحدة باسم « صخور ما قبل الكامبرية » ٠

ومع تطور عمليات قياس وحساب عمر الصخور باستخدام نظرية التحليل الاشعاعى ، صار واضحا أن أقدم صخور كامبرية ، وبالتالى أقدم حفريات ، يرجع تاريخها الى ستمائة مليون سنة ٠ ورغم ضخامة هذا الرقم الا انه تبدى فيما بعد أنه مهما بلغ من قدم الحفريات فهى تعتبر حديثة نسبيا قياسا بعمر الأرض ٠

واذا لم يتم العثور على حفريات يرجع تاريخها الى بلايين السنين الأربعة الأولى من تاريخ الأرض (سبعة اثمان عمر الأرض) ، فهل يعنى هذا أن الحياة دبت على الأرض خلال الثمن الأخير فقط من عمرها ؟

لم يقتنع الجيولوجيون بذلك الاستنتاج ، لا سيما وأن تكون الحفريات عملية تخضع الى حد كبير لعامل الصدفة ، ولا تحدث الا فى ظل ظروف خاصة جدا ٠ ولابد أن تكون الأرض قد شهدت بلايين لا تحصى من الكائنات الحية ، عاشت وماتت دون أن تخلف شيئا أصابه التحجر وبقى على هيئة حفرية ٠ بل قد يتصادف أن تكون مجموعات باكملها من الكائنات الحية قد اندثرت دون أن تترك أى أثر بقى حتى اليوم ، وفى نفس الوقت تكون بعض الكائنات الحية الأقل شيوعا قد خلفت أعدادا وفيرة من الحفريات ٠

ثم ان الكائنات الحية تحتوى على أجزاء أقرب بطبيعتها الى التحجر دون الأجزاء الاخرى ٠ وبصفة عامة « الأجزاء الصلبة » من الكائنات الحية ،

مثل الأسنان والقشور الصدفية ، تتحجر بسهولة كبيرة قياسا بالأنسجة الطرية • وبالتالى لابد أن الفترة فيما بين خمسين الف سنة وأربعة ملايين سنة مضت من عمر الأرض قد شهدت وجود كائنات حية تشبه الانسان عاشت فى افريقيا واوراسيا ، غير أن ما اكتشف من بقايا حفرية لهذه الكائنات محدود للغاية ، ومعظم ما عثر عليه هو من بقايا أجزاء صلبة تحجرت ، وبالأخص الجماجم والأسنان • وتفيد الدلالات بأن تلك الكائنات كانت على درجة عالية من الذكاء بحيث كانوا لا يدعون ، فى كثير من الأحيان ، الموت يفاجئهم وهم فى حالة تسهل عملية التحجر •

وتنسب التريلوبايت ـ وهى من أقدم الحفريات ـ الى كائنات حية ذات قشرة صدفية وتتسم ببنية معقدة •

ويمكن القول بصفة عامة انه كلما ازدادت أنواع الكائنات الحية قدما كانت أقل تطورا وأقل تعقيدا فى بنيتها • ومن البديهى أن نفترض أن عصر الصخور الكامبرية سبقه عصر آخر شهد أنواعا أخرى من الكائنات الحية أكثر قدما من التريلوبايت وبالتالى أقل تطورا ، الى أن نصل الى عصر من البدائية تخلو فيها الكائنات الحية من الأجزاء الصلبة ، ومع الزمن سنجد كائنات رخوة تشبه الديدان واليرقات • وليس من شأن مثل تلك الكائنات أن تخلف بقايا حفرية • وبالتالى فان عدم وجود حفريات لا يعنى بالضرورة عدم وجود « كائنات حية » ولكن « عدم وجود أجزاء صلبة » فحسب •

ولقــد اكتشف البيولوجى الأمريكى الزو بســتيرنبرج بارجورن (١٩١٥ ـ ١٩٨٤) فى الخمسينات من القرن الحالى آثارا لمستعمرات من نوع من الطحالب متحجرة بالقرب من البحيرة العظمى Lake superior . ويعتبر هذا النوع من الطحالب ذات اللون الأزرق المائل للخضار من أبسط أشكال الخلايا الحية المعروفة فى عالم اليوم • انها تشبه البكتريا الى حد كبير مع الفارق انها تحتوى على الكلوروفيل بينما البكتيريا خالية من تلك المادة •

ويتسم كل من الطحالب ذات اللون الأزرق المائل للخضار والبكتريا بأنهما يتكونان من خلايا بالغة الضآلة ، حتى انها ليس لها نويات مستقلة ولكنها تتسم بأن المادة النووية منتشرة عشوائيا فى الخلية كلها • ومن ثم يطلق عليها اسم « Prokaryotes » وهى كلمة يونانية تعنى «ماقبل النواة» • اما اسم « Eukaryotes » الذى يعنى فى اليونانية « النواة الحقيقية » فهو يطلق على كل الخلايا الأخرى ابتداء بالنباتات والحيوانات ذات الخلية الواحدة وحتى الخلايا المكونة للكائنات الحية متعددة الخلايا بما فيها الانســان •

وليست حفريات الطحالب ذات اللون الأزرق المائل للخضار بحفريات يسهل اكتشافها ، اذ انها تتسم بدرجة من الضآلة بحيث لابد لفحصها من الاستعانة بميكروسكوب • ومثل تلك الخلايا الضئيلة لابد لتوصيفها من تحديد سمات دقيقة فى البنية تميل لأن تكون سمات بيولوجية أكثر منها معدنية •

وقد تمكن بارجورن ـ رغم أن الأمر لم يكن يسيرا ـ من تقديم براهينه بكل دقة واقناع • وتقع أول « ميكرو حفريات » اكتشفها بارجورن فى صخور يرجع عمرها الى بليونى سنة • وما أن عرف طريقه حتى مضى العالم الأمريكى يكتشف يوما بعد يوم كائنات حية أبسط وأبسط فى تركيبها كلما ازداد قدم الصخور التى يفحصها • وفى عام ١٩٧٧ اكتشف فى جنوب أفريقيا ميكرو حفريات فى صخور يرجع تاريخها الى ٣ر٤ بليون سـنة •

نشـأة الحيـاة

يمكن القول اذن ان الأرض ، وقد تكونت منذ ٦ر٤ بليون سنة ، ظلت طوال مئات ملايين السنين الأولى من عمرها فى حالة فوران دائم بسبب استمرار تعرض سطحها لسقوط الكتل الضخمة التى كانت لا تزال تحيط بالشمس وتبلغ مدار الأرض فتصطدم بها وبالقمر •

ومنذ أربعة بلايين سنة بلغت الأرض قدرا من الاستقرار واقتربت من شكلها الحالى بما يتيح قيام الحياة عليها • ولم يكد يمضى ، على ما يبدو، نصف بليون سـنة حتى بعث أول شكل بسـيط للحياة • وعلى مدى ال ٥ر٣ بليون سنة التالية (ثلاثة أرباع عمر الأرض) شهد هذا الكوكب استمرار الحياة بشتى أنواع الكائنات الحية •

والسؤال المطروح الآن هو كيف نشأت الحياة ؟

ان الاستنتاج العلمى المقبول (والذى لا يستند الى وجود قوة خارقة ، ليس ثمة دليل عليها قط) يتمثل فى أن عددا من الجزيئات الموجودة فى الجو والمحيطات اتحـدت بشـكل عشـوائى وكونت جزيئـات أخرى أكثر تعقيدا • وتكررت تلك العملية مرات ومرات الى أن بلغت الجزيئات حدا من النمو يتسم بالصفات والخصائص التى تعرف بها الحياة •

وليس ذلك الاستنتاج بالأمر الذى يمكن أن نلمسه بشكل مباشر ، سواء على الأرض ، حيث يفصلنا عن هذا الحدث بلايين السنين ، أو فى

عوالم أخرى حيث ان أقرب الكواكب التى يمكن تصور قيام حياة عليها تبعد عن الأرض بعدة سنوات ضوئية . ومع ذلك يمكننا الوصول الى دلائل غير مباشرة .

ولكي نبدأ ذلك البحث لابد أن نحدد الشكل المفترض للخلايا البسيطة لدى بداية تكون الارض . ويتفق العلماء بصفة عامة الآن على أن الخلايا المعنية لم تكن سوى الخلايا التى تكونت منها الثلوج . غير أن ثمة جدلا قائما يتعلق بتفاصيل عملية اتحاد تلك الخلايا . لاشك أن المياه كانت موجودة ومعها جزيئات أخرى يحتوى بعضها على نيتروجين والبعض الآخر على كربون .

وقد يتحد كل من الكربون والنيتروجين مع الهيدروجين فيتكون الميثان فى حالة الكربون والنشادر (الأمونيا) فى حالة النيتروجين . وتلك تفاعلات موجودة فى كوكب المشترى وكواكب أخرى تقع على محيط المجموعة الشمسية . اما فى كوكبى الزهرة والمريخ فالكربون متحد مع الاكسجين (ثانى آكسيد الكربون) بينما ذرات النيتروجين موجودة فى ثنائيات وتكون جزيئات النيتروجين .

ويعتقد بعض العلماء أن الغلاف الجوى للأرض فى مراحلها الأولى كان يتكون من الأمونيا والميثان وبخار الماء مع وجود نسبة كبيرة من الأمونيا مذابة فى مياه المحيطات . ويعتقد البعض الآخر أن مكونات الغلاف الجوى الأولى للارض تتمثل فى ثانى آكسيد الكربون والنيتروجين وبخار المياه مع وجود كميات كبيرة من ثانى آكسيد الكربون مذابة فى مياه المحيطات . وثمة احتمال أيضا أن تكون الطبقات الخارجية من الغلاف الجوى للأرض مكونة من الأمونيا والميثان وبخار الماء (الغلاف أ) وتتحول تلك العناصر بفضل تفاعلات طبيعية ـ لا تشمل الحياة ـ الى ثانى آكسيد الكربون والنيتروجين وبخار الماء (الغلاف ب) .

ولايشكل الخيار بين نوعى الغلاف الجوى نقطة خلاف جوهرية ، فكل منهما يحتوى على ذرات الهيدروجين والكربون والنيتروجين والأكسجين (وهى تشكل ٩٩ فى المائة من ذرات الأنسجة الطرية فى أى كائن حى) . أما الذرات المكونة لباقى الأنسجة ، ومنها الذرات التى تكسب الأنسجة الصلبة صلابتها ، فكانت موجودة فى المحيطات الأولى وذائبة فى مياهها .

واذا توفرت الجزيئات البسيطة (أيا كان نوعها) ، فما هى التفاعلات التى من شأنها أن تسفر عن تكوين جزيئات أكثر تعقيدا ؟ ان التصادمات البسيطة وتبادل الذرات بشكل عشوائى ليس سببا كافيا ، أما عملية

تحول جزيئات بسيطة الى أخرى أكثر تعقيدا ، فهى تستلزم بصفة عامة استهلاك قدر من الطاقة ، بمعنى آخر لابد من توفير الطاقة اللازمة لذلك التفاعل كى يتم التحول ٠

والأرض فى مراحلها الأولى كانت تحتوى على العديد من مصـــادر الطاقة المتاحة ، فقد كانت هناك حرارة البراكين والطاقة الكهربية الناجمة عن وميض الصواعق ، فضلا عن أن الأرض فى بدايتها كانت على الأرجح أكثر فورانا مما هى عليه اليوم مع توافر أعداد أكبر من الثورات البركانية والعواصف الرعدية ٠

وهناك أيضا الطاقة الناجمة عن النشاط الاشعاعى ، ولا يخفى على أحد أن النشاط الاشعاعى فى المراحل الأولى للأرض ، كان أقوى مما هو عليه اليوم ، اذ مع مرور بلايين السنين منذ تكون الأرض تعرض بالقطع قدر كبير من المخزون الأصلى للذرات المشعة للتحلل ٠

وكانت هناك أخيرا الأشعة فوق البنفسجية الواردة من الشمس ٠ وفى عالم اليوم لايصل من تلك الأشعة الى الأرض الا قدر ضئيل بسبب وجود طبقة الأوزون التى تحجب معظم الأشعة فوق البنفسجية ٠ وطبقة الأوزون ـ التى يبلغ سمكها ٢٥ كم (١٥ ميلا) ـ موجودة فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى ، وقد نتجت عن تحول الأكســـجين (وهو على هيئة جزيئـات ، كل جزىء مكون من ذرتى أكسجين فى الغلاف المحيط بالأرض) الى أوزون (وهو يتكون من جزيئات يحتوى كل منها على ثلاث ذرات أكسجين) ٠

ومن طبيعة الأكسجين انه لا يبقى كعنصر بذاته فى الغلاف الجوى ٠ فهو عنصر نشيط للغاية ويميل دائما الى الاتحـــاد مع عناصر أخـــرى عديدة ومن ثم فلو انه ظل على طبيعته لانتهى الى الفناء ٠ ويعزى السبب الوحيد فى عدم فنائه الى النبـــات الذى يشكل معملا دائمـــا لانتـاج الأكسجين ٠ فالنبات يستخدم طاقة الأشعة الشمسية فى عمليـــة دمج ثانى أكسيد الكربون مع الماء ليتكون النشا وعناصر أخــرى يستخدمها الحيـوان كغذاء له ، وينتج عن ذلك التفاعل تحرر كمية من الأكسجين تخـرج الى الجو ٠

ولم تكن الأرض فى مراحلها الأولى ، وقبل ظهور الحياة ، تخرج نباتا وبالتالى لم تكن هناك عملية انتاج عنصر الأكســجين ، أى لم يكن هناك طبقة أوزون فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى وهذا يعنى أن الأشعة فوق البنفسجية الواردة من الشمس كانت تصل الى سطح الأرض بلا عوائق ٠

وفى عام ١٩٥٢ اجــرى الكيميائى الأمريكى ستانلى لويـد ميلر (١٩٣٠ ــ) تجربة استخدم فيها ماء على درجة عالية من النقاء والبسترة فضلا عن خليط من عناصر الأكسجين والأمونيــا والميثان ـ أى ما يماثل الغلاف الجوى أ • ومرر ذلك عبر جهازه مصحوبا بعملية تفريغ كهربى بما يشكل عملية تغــذية بالطــاقة لاحداث تأثير يضاهى التأثير الضوئى • واستمرت التجربة اسبوعا فصل بعدها مكونات ذلك المحلول المائى ، واكتشف أن مركبات عضوية بسيطة قد تكونت منهــا بعض « الأحماض الأمينية » التى تعد أساس البروتين وبالتــالى العنصر الرئيسى فى تكوين الخلايا الرخوة •

وقد كرر علماء آخرون التجربة باستخدام أشــعة ضــوئية فوق بنفسجية كمصــدر للطاقة وحصلوا على نفس النتائج • بل ذهب البعض الآخر الى استخدام تركيبات مختلفة من « الغلاف الجوى ب » وأسفرت تجاربهم عن تكون عناصر أكثر تعقيدا •

أما عالم الكيميــاء الحيـوية الأمريكى ســيريل بـونا مبيروما (١٩٢٣ ــ) السيريلانكى المولد فقد كان أكثر العلماء تفانيــا فى اجراء مثل تلك التجارب حتى انه نجح فى تخليق عنصر النوكليوتايد من مركبات بسيطة ، ويعتبر ذلك العنصر أســاس تكوين « الأحماض النووية » التى تعد المركب الرئيسى الثانى فى تكوين الخلايا الرخوة . كمــا نجح أيضا فى تخليق مادة adenosine triphosphate وهى مادة رئيسية بالنسبة للطاقة فى الخلايا الحية •

وتعتبر كل النتائج التى توصــل اليها العلمــاء عن طريق هذا « التخليق الذاتى » ، (بدون تدخل روح الحياة ــ باستثناء روح العالم ذاته بالطبع) ، باستخدام عينات يفترض أنها مماثلة للجو السائد فى المراحل الأولى لتكون الأرض ، نتــائج ناجحــة فى اتجــاه تكوين الأنسجة الحية •

أما عالم الكيميــاء الحيـوية الأمريكى ســيدنى والتر فوكس (١٩١٢ ــ) فقد سلك اتجاها آخــر فى أبحاثه ، حيث بدأ تجاربه مستخدما خليطا من الأحماض الأمينية وعرضها للحرارة فحصل على عناصر تشبه البروتين ، ولما أذاب تلك العناصر فى الماء حصل على كريات ضئيلة للغاية تحمل بعض صفات الخلايا •

غير أن كل التجارب لم تسفر من قريب أو بعيد عن تخليق جهاز يتسم بمسحة من الحياة ولو فى أبسط صورها البدائية • ولكن رغم أن التجارب معملية والعمل فيها يجرى بكميات محدودة وعلى مدى فترات

قصيرة ، الا أن النتائج مذهلة (وان كانت محدودة) وكلهـــا تتجه الى التوصل الى سر الحياة • فما عساها تكون النتائج لو اتسع النطاق ليشمل محيطا بأكمله مكونا من مركبات بسيطة تتعرض للطاقة لمئات الملايين من السنين ؟ ليس من المستبعد ـ فى ظل مثل تلك الظروف ـ تخيل مرحلة تشهد « تطورا كيميائيا » يؤول الى تخليق خلية حية بدائيـــة فى زمن لا يزيد بعده عن ٥ر٣ بليون سنة •

تكون الأنواع المختلفة من الكائنات الحية

كم عدد المراحل الزمنية المختلفة التى مرت بها الحياة حتى مبعثها ؟ هل تكونت الطحالب الزرقاء / الخضراء نتيجة خط من التطور الكيميائى والبكتيريا نتيجة خط آخر ؟ هل كل نوع من الطحالب الزرقاء/الخضراء والبكتيريا تكونت بأساليب مستقلة تماما عن بعضها ؟ هل اتخذ التطور الكيميائى مسارات أخرى أكثر تعقيدا أسفر كل منها عن تكون نوع من التريلوبايت ؟ أو نوع من الديناصورات ؟ أو عن تكون الانسان ؟

تلك احتمالات بعيدة تماما • فلو أن كل نوع من النبات أو الحيوان أو الكائنات الحية الدقيقة بما فيها تلك التى نشأت حديثا نتج عن خط مستقل لكان هناك الملايين من خطوط التطور الكيميائى المختلفة ولكانت هناك مركبات تشهد حاليا أحد أشكال التطور الكيميائى وليس ثمة ما يدل على ذلك مطلقا •

علاوة على ذلك ، فاذا كان المرء يتقبـل فكرة تواصــل التطور الكيميائى فى عالم يحيط به الغلاف الجوى بتركيبته الأولى وبدون حياة ، فمن غير المنطقى أن نتصور استمرار التطور فى ظل غلاف جوى يحتوى على الأكسجين وعالم تقوم عليه حياة • فالأكسجين مادة نشطة ومن شأنه أن يتحد مع مركبات بلغت من التعقيد ما يقترب بها من مرحلة الحيــاة فيؤدى الى انهيارها وتدميرها • (مثل تلك المركبات موجودة فى الكائنات الحية الحالية ولكنهـــا تتمتع بأشكال قوية شتى من الحماية ضـــد الأكسجين) • ومن ثم ، فما أن نشأت الحياة ، فان أى مركب بلغ من التطور حدا اقترب به من مرحلة الحياة يصبح ملائما كغذاء تلتهمه بعض الكائنات فورا •

بناء على ذلك ، يقودنا المنطق الى الفرضية القائلة بأن الحياة كانت لها نشأة واحدة فى الأزمنة السحيقة ، وربما كانت هناك عدة محاولات ولكنها اندثرت كلها وبقيت نشأة واحـــدة • فما أن تكونت واحدة من صور الحياة وترسخت وازدهرت حتى انتهت سلسلة التطور الكيميائى•

ولكن اذا كان الأمر كذلك ، لماذا لم تبق تلك الصورة ، الصورة الوحيدة للحياة الكائنة منذ نشأتها وحتى اليـــوم ؟ كيف حدث ذلك التنوع فى صور الحياة فى الماضى السحيق (بدلالة تنـــوع الحفريات) وفى الحاضر ؟

ان فحص الحفريات يفيد بوجود علاقة بينة ــ بدرجات متفاوتة ــ بين شتى أنواع الكائنات الحية • كما أن الكائنات الحية القديمة تشبه بصورة أو بأخرى بعض الكائنات الحديثة ، وثمة سلسلة من الحفريات بينهما لكائنات تعرضت لتغيرات تدريجية لتنتقل بهـــا من القديم الى الحديث • ومن ناحية أخرى هناك عديد من الدلالات الأخرى المختلفة التى تعزز هذا الاتجاه منها ما ينتمى للكيمياء الحيوية ومنهــــا ما يســـتند الى الملاحظة •

وتكمن الاجابة على السؤال المطروح فى أن الكائنات الحية بتكاثرها وتوالدها وانتقالها من جيـــل الى جيـــل تتعرض للتغير ، وتتعرض بعض الأنواع (أو الأجناس) للانقراض بينما يشهد البعض الآخر تغيرا تدريجيا حتى يكتسب قدرا من الاختلاف لينتقل به النسب الى جنس آخر • وقد ينحدر من بعض الأنواع جنسان مختلفان وربما أكثر • يمكن القول اذن ان أجناس الكائنات الحية الموجودة حاليا والتى يبلغ عددها زهاء مليونى نوع (بما فيها الجنس البشرى) تنحدر من أجناس سابقة تعد بدورها سليلة أجناس أقدم ، وهلم جرا الى أن نصل الى صور الحياة البسيطة التى كانت سائدة منذ حوالى ٣٫٥ بليون سنة ، والتى تعتبر أيضـــــا مراحل لاحقة لنشأة الحياة ، ومازالت تلك نتاج ما ســـبقها من تطور كيميائى • ويسمى الانتقال البطىء للحياة من أبسط صورها الى ذلك العدد الضـــخم من الأجنـــاس ، الكائن منها والمنقرض ، « بالتطور البيولوجى » •

وثمة سببان حـــالا دون تقبل العلمـــاء السابقين لفكرة التطور البيولوجى •

ويكمن السبب الأول فى أن الديانة السائدة فى ذلك الحين فى العالم الغربى كانت متمسكة حرفيا بما جاء فى الانجيل ومفاده أن عمر الأرض لايتجاوز بضعة آلاف من السنين وأن قوى خارقة خلقت الأنواع المختلفة من الكائنات ، أى أن كل نوع خلق على شاكلته ومستقلا عن ســـواه ، ولما كان معظم العلماء متمسكين بدينهم فقد رفضوا اعتناق فكرة التطور البيولوجى لما كانت تنطوى عليه فى اعتقادهم من تقويض لركائز الدين • وحتى لو أن من العلماء السابقين من كان يرجح التفكير المنطقى على الايمان الأعمى فقد كان يهاب رد فعل غاضب من جانب المجتمع •

أما السبب الثاني فهو أن العلماء حتى لو اقتنعوا بفكرة التطور فقد كان يعوزهم فهم آلية ذلك التطور • فالقطط تلد قطيطات والكلاب تلد أجراء ونسل الانسان أطفال ، وليس هناك أي علامة تغيير فيما بين الاجيال من شأنها تعزيز فكرة التطور •

وكان الفرنسي جان باتيست دي لامارك عالم التاريخ الطبيعي (١٧٤٤ ـ ١٨٢٩) هو أول من طرح في عام ١٨٠٩ تصورا لآلية التطور البيولوجي حيث قال ان الكائنات الحية تستخدم بعض أجزاء أجسامها أكثر من غيرها ، فتقوى الأجزاء المستخدمة بينما تضمحل الأجزاء المهملة وينتقل ذلك تباعا الى الذريات المتعاقبة •

فالغزلان على سبيل المثال تتغذى على أوراق الشجر وهي بحاجة دائما لأن تفرد جسمها لتحصل على الأوراق العالية ، وذلك من شأنه أن يؤدي ، بمرور الوقت ، الى استطالة أعناقها وسوقها • ووفقا لذلك الافتراض ، تنتقل تلك السمات الى الجيل الثاني وتستمر عملية استطالة الأعناق والسوق ، وجيلا وراء جيل تتحول الغزلان الى زراف • وقد تتطلب عملية التحول عددا ضخما من الأجيال ، فلا تلمس التغيرات على مدى عمر الانسان ، بل على مدى التاريخ البشري بأسره •

غير أن افتراض التطور القائم على توارث الصفات المكتسبة ثبت أنه خاطيء •

فمن ناحية ثبت عدم توارث الصفات المكتسبة على نحو ما أكدته التجارب ، ومنها ما قام به البيولوجي الألماني أوجست فايسمان (١٨٣٤ ـ ١٩١٤) في الثمانينات من القرن التاسع عشر ، حيث أقدم على قطع ذيول ١٥٩٢ فأرا عند الولادة وذلك على مدى ٢٢ جيلا متعاقبا • غير أن الفئران استمرت رغم ذلك تلد ذريات بذيول طبيعية •

ومن ناحية أخرى فان بعض الصفات تتعرض للتغير رغم أنها تتعلق بأعضاء لا سلطان للحيوان عليها • فعلى سبيل المثال أضفى التطور على بعض الحيوانات صفة التلون لا اراديا بلون البيئة بهدف الحماية من الأعداء • وعلى ذلك فمن غير المعقول أن تسعى الحرباء مثلا بارادتها الى تغيير قدرتها على التلون لتورث ذريتها آلية أكثر كفاءة •

وفي عام ١٨٥٩ طرح العالم الانجليزي تشارلز روبرت داروين (١٨٠٩ ـ ١٨٨٢) ، المتخصص في التاريخ الطبيعي ، تصورا آخر لآلية التطور بعد أن مكث أربعين سنة في جمع المعلومات حول هذا الموضوع •

وقال ان الجيل الواحد لجنس من الأجناس يتضمن أعضاء يتسمون

باختلافات طفيفة في صفاتهم فمنهم الأبطأ والأسرع ، الأطول والأقصر ، الأقوى والأضعف ، الأميل للون الأحمر والأميل للون الأزرق وهلم جرا . وتلك الاختلافات الطفيفة عشوائية ، ولكن قد يحدث أن تكون للحالات الفردية ، ذات الصفات المميزة بصورة أو بأخرى، قدرة أكبر (في المتوسط) على البقاء دون غيرها .

وببقاء تلك الحالات المميزة ، تنتقل صفاتها الخاصة الى ذريتها فيكون منها مرة أخرى في المتوسط الأبطأ والاسرع ، الأطول والأقصر ، الأقوى والأضعف ، الأميل للون الأحمر والأميل للون الأزرق الخ . ومرة أخرى يكتب البقاء لتلك الفصائل الأكثر تاقلما . وبمرور الوقت تتأصل الصفات وتترسخ ، ليزداد البطء مثلا أو السرعة ، أو الطول أو القصر ، أو القوة أو الضعف ، أو الميل الى اللون الأحمر أو الى اللون الأزرق . وباختلاف الأماكن أو اختلاف الظروف ، يكتب البقاء لأنواع مختلفة من فصائل جنس ما بحيث قد يطرأ على أحد الأجناس نوعان أو أكثر من التغيرات الدائمة بما يسفر عن نشأة نوعين أو أكثر من أجناس مختلفة سليلة جنس واحد . وفي بعض الأحيان وفي ظل ظروف غير مواتية يؤول أمر بعض الأجناس بالتدريج الى الفناء لعدم قدرتها على التاقلم مع البيئة .

يمكن القول اذن ان الطبيعة تنتقى الأصلح من بين الأنواع المتناسلة عشوائيا ويعرف ذلك باسم « التطور البيولوجى القائم على الانتقاء الطبيعى » . وقد استمرت تلك النظرية عن التطور سائدة حتى الآن . وقد أدخلت ، على مدى قرن وربع من الزمان ، بعض التعديلات على هذه النظرية وما زال الجدل يثار حول بعض جوانبها . وعلى أى الأحوال فمهما اختلف علماء الأحياء حول تفاصيل آلية التطور فلم يعد أحد يجادل في مبدأ التطور في حد ذاته . تماما مثلما يجمع الناس على أن الساعة تعلن عن الوقت مهما اختلفت آراؤهم حول طريقة تشغيل تلك الساعة .

علم الوراثة

تضمنت نظرية داروين بعض النقاط الغامضة من بينها ماهية التأثير الناجم عن التغيرات الطبيعة التى تطرأ على بعض أفراد الأجناس في عملية التطور . ولنفترض على سبيل المثال أن بعض أفراد جنس ما يتميزون بقدر أكبر من السرعة دون أقرانهم وأن عامل السرعة في حالتهم له قيمة كبيرة تسهم في كفالة فرصة أفضل للبقاء . أليس من

الوارد أن يتزاوج أفراد يتميزون بالسرعة مع آخرين يتسمون بالبطء بما يفرز ذرية متوسطة السرعة ؟ (فالكائنات الحية لا تختبر لياقة بعضها قبل التزاوج) ألا يمكن أن تفضي عملية التزاوج بين الكائنات الحية (وهي غالبا ما تتم بشكل عشوائي) الى القضاء على التميز الفائق فى الخصائص ، بما يسفر عن سلالات ذات قاعدة عريضة من الصفات المتوسطة فلا يكون ثمة مجال لأن تعمل الطبيعة على اختيار الأصلح للبقاء ؟

لقد ثبت في عام ١٨٦٥ أن الأمر لا يتم على هذا النحو . فقد أجرى عالم النبات الاسترالى جوهان جريجور مندل (١٨٢٢ ـ ١٨٨٤) تجربة دقيقة لتهجين أنواع مختلفة من البازلاء ، ودرس تأثير ذلك على خصائص النبات . وقد اكتشف أنه بتهجين نوع من البازلاء طويل الساق مع نوع آخر قصير الساق أن النتاج كله طويل الساق وخال تماما من اى عود متوسط الساق . وباجراء التهجين على الجيل الثانى حصل على زرعات ذات سوق طويلة وأخري ذات سوق صغيرة بنسبة ٣ : ١ .

وقد فسر مندل تلك النتيجة بأن افترض أن كل نبتة تحتوي على عاملين يتحكمان فى طول الساق . فالنبتات ذات السوق الطويلة تحتوى على عاملين يساعدان على اطالة السوق ومن ثم يمكن أن يرمز لهذا النوع من النبتات بحرفى ط ط ، أما النبتات ذات السوق القصيرة ، وسيرمز لها بحرفى ق ق ، فتحتوي على عاملين من نفس الفصيلة ولكنهما يختلفان عن النوع الأول فى أنهما يعملان على تقصير السوق .

وبتهجين النبتات ذات السوق الطويلة مع ذات السوق القصيرة فان كل نبتة تورث بشكل عشوائى ، واحدا من العاملين الى كل نبتة جديدة . وبالتالى فان كل نبتة ط ط ستورث بالضرورة عاملا من النوع ط وكل نبتة ق ق ستورث عاملا من النوع ق . وبذلك تحتوى كل نبتة من الجيل الثانى اما على العاملين ط ق أو ق ط . ولما كان العامل ط هو الأقوى فان الخاصية التى يمثلها تغلب وبالتالى سواء كان العاملان ط ق أو ق ط فالنتيجة واحدة والنبتة ستكون طويلة الساق تماما كما لو كانت من النوع ط ط .

والعامل ق فى الجيل الثانى لم يختف ولكن تأثيره اضمحل فحسب . أما لو تم تهجين نبتة ط ق مع اخري ق ط فان كلا منهما ستورث العامل ط الى نصف نبتات الجيل التالى والعامل ق الى النصف الآخر وبشكل عشوائى تام . وينتج عن ذلك اربعة أنواع من النبتات ط ط ،

ط ق ، ق ط و ق ق ، والنبتات الثلاث الأولى تتسم بطول الساق وتبقى النبتة الأخيرة منفردة بقصر الساق وذلك يفسر نسبة الـ ٣ : ١ ٠

وقد بين مندل أن هناك مجموعات أخرى من الخصائص تنتقل الى الأجيال التالية بنفس الطريقة ووضع بعناية كبيرة ما يعرف اليوم باسم « قوانين مندل الوراثية » ٠ وتفيد هذه القوانين بأن التزاوج العشوائى لايقضى على الصفات الفائقة بل على العكس يميل الى ترسيخها وابرازها جيلا بعد جيل ٠

غير أن مندل لم يكن للأسف ذائع الصيت كعالم نبات وكانت أبحاثه تسبق عصره ٠ ورغم انه نشر تجاربه وما حصل عليه من نتائج الا أنها ظلت حبرا على ورق حتى عام ١٩٠٠ عندما توصل ٣ علماء نبات آخرين ـ كل على حدة ـ الى نفس القوانين ، واكتشف ثلاثتهم أن مندل سبقهم بجيل كامل فى نتائجه التى أيدها تماما كل منهم على حدة ٠

وبذلك انتفت المشكلة الكبرى فى نظرية داروين المتمثلة فيما كان يدور فى الأذهان من اتجاه الطبيعة ، مع تعاقب الأجيال ، الى القضاء على الصفات البارزة فى الأجناس ٠

والآن ما هى الكينونة البيولوجية والكيميائية للعوامل التى يعنيها مندل فى قوانينه ؟

فى عام ١٨٨٢ نشر عالم التشريح الألمانى والتر فليمينج (١٨٤٣ ـ ١٩٠٥) نتائج أبحاثه فى مجال الخلايا الحية ، وكان قد ابتكر أساليب جديدة لتعريض الخلايا لبعض أنواع الصبغات التى يستحدثها الكيميائيون ٠ واكتشف فليمينج أن بعض الأصباغ تتآلف مع جانب من الملامح الداخلية للخلية دون غيرها ، وأن ثمة صبغة معنية تلون جزءا من المادة داخل النواة ٠ وقد أطلق على تلك المادة « كروماتين » وهو الاسم اليونانى لكلمة « لون » ٠

وكان معلوما أن النواة جزء أساسى فى عملية انقسام الخلية ، ولو انتزعت من الخلية لا تتم عملية الانقسام ، وفى احدى تجاربه قام فليمينج بصباغة جزء من أنسجة تحتوى على خلايا فى حالة انقسام نشط ٠ وقد تلون الكروماتين فى كل خلية ، ولكن عملية الصباغة أسفرت عن قتل هذه الخلايا بينما كانت فى مراحل مختلفة من عملية الانقسام ، فحصل فليمينج على سلسلة متباينة من الصور للكروماتين فى مراحل مختلفة ٠ وبمحاولة ترتيب تلك الصور وقف العالم الألمانى على أسلوب تتابع العملية ٠

وتلاحظ أن الكروماتين فى خلية منقسمة يتجمع فى مجموعة من العيدان القصيرة الغليظة المزدوجة فيما يبدو بحيث كان هناك اثنان من كل نوع من العيدان · وأطلق فليمينج على كل من تلك العيدان اسم « كروموزوم » مما يعنى باليونانية « جسما ملونا » · وتصطف الكروموزومات بطول المحور المركزى للخلية ثم تتضاعف ، أى أن كل واحد منها ينتج كروموزوما آخر يماثله تماما ، مما يسفر عن وجود زوجين من كل كروموزوم · ويعنى ذلك أن الخلية تصبح مكونة من مجموعات كروموزومات كل مجموعة مؤلفة من زوجين (أى أربعة) ·

ثم تنفصل الكروموزومات ويتوجه زوج من كل مجموعة الى طرف الخلية بينما يتوجه الزوج الآخر الى الطرف المقابل · وبعد ذلك تمتشق الخلية وسرعان ما تنقسم الى خليتين تحتوى كل منهما على مجموعة كاملة من الكروموزومات المزدوجة ·

وفى عام ١٨٨٧ واصل عالم الأحياء البلجيكى ادوارد جوزيف فان بينيدين (١٨٤٦ ــ ١٩١٠) الأبحاث حول الكروموزومات واكتشف أن كل نوع من الأجناس تحتوى خلاياه على عدد مميز من الكروموزومات · فخلايا الجنس البشرى على سبيل المثال تحتوى كل منها على ٤٦ كروموزوما مقسمة الى ٢٣ زوجا · واكتشف بينيدين أيضا انه عند تكوين بويضة أو حيوان منوى فى أى كائن حى فان خلايا أى منهما تحتوى على واحد فقط من كل زوج من الكروموزومات ، أى أن خلايا البويضة أو الحيوان المنوى فى الجنس البشرى تحتوى كل منها على ٢٣ كروموزوما ·

وعندما تتم عملية التخصيب ، تعود خلايا البويضة المخصبة الى العدد الأصلى من الكروموزومات ، ولكن نصفها من الأب والنصف الآخر من الأم · وعلى ذلك فالبويضة المخصبة فى الجنس البشرى تحتوى على ٢٣ زوجا من الكروموزومات ·

وفى عام ١٩٠٢ ، وبعد فترة وجيزة من اعادة اكتشاف نظرية مندل ، أشار عالم أحياء أمريكى يدعى والتر ستانبورو ساوتون (١٨٧٧ ــ ١٩١٦) الى أن الكروموزومات تماثل فى نظامها العوامل الواردة فى نظرية مندل ، اذن فما هى الا تلك العوامل ذاتها ، وبالتالى فالكروموزومات هى العامل الوراثى الحاكم ·

غير اننا لو اعتبرنا أن الكروموزوم يتحكم في واحد فقط من خصائص الجنس فإن عدد الكروموزومات لا يكفى ، ولا يعين على تفسير العملية الوراثية . ومن ثم فلابد أن نعتبر أن كل كروموزوم يتكون من شريط من الجزيئات كل جزىء يتحكم في احدى الخصائص . وفى علم ١٩٠٩ اقترح عالم زراعى دانمركى يدعى ويلهلم لودويج جوهانسن (١٨٥٧ - ١٩٢٧) أن يسمى هذه الجزيئات « جينات » وهى كلمة يونانية تعنى « الوضع » ، وسميت دراسة الجينات بعلم الجينات .

الأحماض النووية والتغيار الأحيائي

التركيب الجيني

ما هي الجينات ؟ وأى نوع من الجزيئات هى ؟

ان أول بادرة رد على هذا السؤال جاءت فى عام ١٨٦٩ ، وكان ذلك بفاصل زمني كبير عما بعدها ، باستثناء مندل الذى كان يعلم بوجود الجينات • فى ذلك العام اكتشف عالم الكيمياء الحيوية السويسرى جوهان فردريك ميشير (١٨٤٤ ـ ١٨٩٥) وجود مادة فى الخلايا تحتوى على ذرات النيتروجين والفسفور • وقد أطلق على هذه المادة اسم « الحمض النووى » نظرا لوجودها ـ فيما يرى ـ فى نويات الخلية •

ولقد تبين فى واقع الأمر أن ثمة نوعين من الأحماض النووية ، أحدهما هو « ribonucleic acid » وسيرمز له ب ر٠ن٠أ٠ والثانى « deoxyribonucleic acid » وسيرمز له ب د • ن • أ • واتضح أن وجود الـ د٠ن٠أ٠ فى الأساس مقصور على النواة وبالتالى فهو موجود فى الكروموزومات • أما الـ د٠ن٠أ٠ فهو منتشر بصفة عامة فى الخلية خارج النواة •

وفى بداية الأمر لم يلق أحدا بالا للحمض النووى واعتبر انه مجرد مركب بسيط موجود بكمية ضئيلة لاتتيح الا مجرد أداء مهام روتينية • أما اهتمام العلماء فقد كان منصبا على البروتينات ، تلك الجزيئات المهمة بحق والموجودة فى الأنسجة الحية بأنواع لا حصر لها وبعضها يتميز بالضخامة حتى انه ليحتوى على آلاف الذرات •

وتعد البروتينات مركبات من الأحماض الأمينية وتنقسم تلك الأحماض الى عشرين فئة ويمكن أن تختلط فيما بينها بأى صورة • ولما كانت كل فئة تحتوى على ثلاثين نوعا من الأحماض الأمينية ، فيمكن تخيل مئات من تلك الأنواع مختلطة مع بعضها ، وكل خليط من

الأحماض الأمينية يمثل جزيء بروتين متميزا ذا خصـــائص منفردة . ولو حاولنا احصاء عدد الصور التى يمكن أن تجتمع عليهـــا الأحماض الأمينية لوجـدنا أن عـــدد جزيئات البروتين المتباينة يتجاوز بكثير عـدد الذرات الموجودة فى الكون ـ حتى لو تصورنا أن الكون معبأ من أوله لآخره بالذرات . ان ذلك يبعث على الاعتقاد بأنه اذا كانت الحياة معقدة ومتعددة بلا حـدود فلابد وأن يعزى ذلك الى العـدد اللانهائى من أنواع جزيئات البروتين المختلفة .

أما جزيء الحمض النووى فيتركب من وحدات اسمها « نوكليوتايد » . وكل جـــزيء من الحمض النـــووى يحتـــوى على أربعة أنـــواع فقط من النو كليوتايدات . وقد ظـل الاعتقاد سائدا لزمن طويل بأن جزيء الحمض النووى يتكون من أربعة نوكليوتايدات فقط ، بمعدل واحد من كل نـوع .

ولقد كان عالم الكيمياء الحيوية الألمانى مارتن كوسيل (١٨٥٣ ـ ١٩٢٧) أول من تناول الأحماض النووية بدراسة تفصيلية ، حيث اكتشف اعتبارا من عام ١٨٧٩ الكثير حول تركيب النوكليوتايدات ، كما لاحظ أن خلايا الحيوانات المنوية غنيـــة على وجه الخصوص بالحمض النووى (يفيد العلم الحديث بأنها غنية بال د٠ن٠أ٠) وأن البروتين الموجود بها يتسم بتركيبة أبسط كثيرا من تركيبة معظم أنواع البروتين .

وبما أن خلايا الحيوانات المنوية تحمل الصفات المتوارثة عن الأب ، ولاتزيد فى بنيتهـــا عن مجـــرد حزم مغلفة من الكروموزومات فلابد أن تركيبتها لها قدر كبير من الأهميـــة . ومن البديهى أن يبعث غنى تلك الخلايا بال د٠ ن٠ أ٠ وبساطة البوتين بها على الاعتقاد بأن ال د٠ ن٠ أ٠ هو العامل الحيوى بالنسبة للوراثة وليس البروتين . غير أن الايمان الراسخ بأهمية البروتينات حال دون تأييد كوسيل (وكل أقرانه فى ذلك الوقت) لمثل ذلك الاعتقاد .

وفى عـــام ١٩٣٧ اكتشف العـــالم الزراعى الانجليزى فردريك تشارلز باودن (١٩٠٨ ـ) أن الفيروس ـ وهو مثال لأبسط صـــورة للحياة ـ يحتوى على حمض نـووى وبروتين . والفيروســـات (حسبما يفيـد العلم الحـديث) هى كائنات حيـــة مكونة من جزيء من الحامض النووى المحاط بغلاف من البروتين .

وتحتـوى كل جزيئـات الفيروسات فيما يبـدو على حمض نووى ـ بعضها من ال د٠ن٠أ٠ وبعضها ر٠ن٠أ٠ (وثمة جزيئات ضئيلة للغاية

تشبه الفيروسات وتسمى برايونات غير أن المعلومات المتعلقـــة بها في هذا المجال مازالت غامضة) ٠

وبما أن جزيئات الفيروســات تتسم بهذه الدرجة من البساطة في التركيب وبهذا القدر من الضآلة قياسا بالخلايا ، حتى انها لتكاد تماثل كروموزوما واحدا منفردا ، كما أنها تتكاثر بمجرد وجودها في خلية ، فذلك يبعث على الاعتقـــاد بأن الحمض النـــووي قد تكون له درجـة كبيرة من الأهمية ، غير أن العلماء ، وقد أدركوا مدى أهمية البروتينات ، انما ركنوا الى أن الجزء البروتيني في الفيروسات هو الجزء الفعـــال ، أما الأحماض النووية فدورها ثانوي ٠

غير أن عام ١٩٤٤ شهد نقطة تحول ٠ ففي ذلك العـــام كان عالم الفيزياء الأمريكي الكندي الأصل أوزوالد تيودور افيري (١٨٧٧ـ١٩٥٥) يتعرض بالبحث لنوعين من البكتيريا التي تصيب الرئة ٠ النوع الأول يتســم بوجود طبقـة ملساء حـول الخليـة ويرمز له بحرف « م » من « ملساء » ، أما الثـاني فليست له هذه الطبقة ومن ثم فيتميز بسطح خشن وسيرمز له بحرف « خ » دلالة على « خشن » ٠

وقد استنتج افيري أن البكتريا « خ » تنقصها الجينة التي من شأنها أن تكون الطبقة الملساء ٠ ومن ثم فلو عمد الى قتل بكتيريا « م » وسحقها واذابة بعضها ثم اضافة هذا « المستحضر » الى بكتيريا « خ » ربما عمل ذلك على أن تبدأ الخلايا في تكوين طبقة ملساء ٠ ولو صـــح ذلك فانه يعني أن المستحضر من البكتريا « م » يحتوي على الجينة الغائبـــة في البكتيريا « خ » ٠

وقام افيري ومساعدان له باعداد ذلك المستحضر وتنقيته من أي شيء لا يخـدم ذلك الغرض مع المحافظة التـامة على أي شيء من شأنه أن يهييء للبكتيريا « خ » أن تكون الطبقة الملســـاء ٠ وعندما انتهوا من عملهـــم اكتشفوا أن المستحضر خال تماما من البروتين بينما يحتوي على حمض نووي ٠ وبالتالي تأكد أن الحمض النووي هو الجينة وليس البروتين ٠

كان العلماء في ذلك الحين قد بدءوا يدركون أن الأحماض النووية تماثل البروتينات في كونها جزيئات ضخمة مكونة من سلاسل تحتوي على مئات ، بل آلاف النوكليوتايدات ، موزعة بترتيب عشوائي تماما بطول السلسلة ٠ وكان السبب الوحيـــد الذي بعث الكيميائيين قبل ذلك الى الاعتقـاد بأن جزيئات الحمض النـووي بسيطة التركيب يعزى الى أن طريقة استخراجها من الخلايا لم تكن تتســم بالحرص فكانت تتفتت ٠

ولما تدارك العلماء ذلك الخطأ ، نجحوا فى استخلاص جزىء سليم وتبين انه ضخم •

وما أن وقف العلماء أخيرا على تلك الحقيقة حتى بدءوا يوجهون اهتمامهم الى الأحماض النووية ، لا سيما الى جزىء ال د٠ن٠أ٠

وفى عام ١٩٥٣ نشر العالمان الانجليزى فرانسيس كريك (١٩١٦ –) والأمريكى جيمس ديوى واتسون (١٩٢٨ –) نتائج أبحاثهما حول تركيبة ال د٠ن٠أ • اكتشف العالمان أن الجزيئات مكونة من سلسلتين من النوكليوتايدات تكونان لولبا « مزدوجا » (أى أن كل سلسلة تكون منحنى يماثل السلم الحلزونى والمنحنيان يتلولبان مع بعضهما بشكل متواز) • والسلسلتان تربطهما ببعضهما وصلات كيميائية تشد ذراتهما الى بعض ، وكل واحدة منهما منبعجة بعكس الأخرى • أى بينما تنتفخ احداهما للخارج تنبعج الأخرى للداخل والعكس بحيث ترتبطان ببعضهما بقوة •

ولقد ساعد اكتشاف تلك التركيبة على فهم كيفية تخليق جزىء الـ د٠ن٠أ٠ لنسخة مكررة من نفسه لدى افراز الكروموزومات مجموعة جديدة عند انقسام الخلية • تبدأ تلك العملية بأن تتباعد السلسلتان من أعلى حتى أسفل تدريجيا (كالزمام المنزلق) وكل سلسلة تكون بمثابة قالب تتكون فى ثناياه السلسلة الجديدة ، وتنبعج السلسلة الجديدة للخارج بينما يتجه شكل منحنى القالب للداخل والعكس • ولو رمزنا للسلسلتين بالحرفين أ و ب فان أ تكون بمثابة قالب تتكون فيه ب جديدة بينما تشكل ب قالبا تتكون فيه أ جديدة • وتتشكل السلسلتان الجديدتان شيئا فشيئا بالتزامن مع فتح السلسلتين القديمتين • ومتى اكتمل فتح السلسلتين القديمتين تكون الجديدتان قد تكونتا وتلاحمتا واتخذتا نفس شكل القديمتين •

ومنذ عام ١٩٥٣ انكب العلماء على دراسة تفصيلية لكيفية تحكم جزىء الـ د٠ن٠أ٠ فى الخلية • ورغم أن جزىء ال د٠ن٠أ٠ يحتوى على اربعة أنواع فقط من النوكليوتايدات الا أن النوكلبوتايد لا يعمل بمفرده ، انما يجرى أداء الجزىء من خلال مجموعات متتالية ، تتكون كل منها من ثلاثة نوكليوتايدات (نوكليوتايدات ثلاثية) • وقد يحتل أى نوكليوتايد من الأنواع الأربعة الموقع الأول من النوكليوتايد الثلاثى أو الموقع الثانى أو الثالث • ومن ثم فان عدد التباديل يصل الى ٤ × ٤ × ٤ = ٦٤ مجموعة نوكليوتايد ثلاثية مختلفة •

ويتناسب كل نوكليوتايد ثلاثى مع نوع محدد من الأحماض الأمينية • (ولما كان عدد النوكليوتايدات الثلاثية المتباينة يزيد على عدد أنواع الأحماض الأمينية فمن الوارد أن يتناسب اثنان أو ثلاثة نوكليوتايدات ثلاثية مع نفس نوع الحمض الأمينى) • ومن شأن مقطع معين من سلسلة الـ د٠ن٠أ٠ الطويلة فى الكروموزوم (وهو مقطع يشكل جينة) أن يشرف على انتاج سلسلة حمض أمينى تتناسب مع سلسلة النوكليوتايد الثلاثى المهيمنة على تركيبتها الذاتية •

ويعد البروتين المكون بهذا الاسلوب انزيما ، ومن شأن الانزيم أن يتحكم فى سرعة بعض التفاعلات الكيميائية داخل الخلية ، وكل الجينات فى الكروموزومات تتحكم فى تكوين كل الانزيمات فى الخلية • وباختلاف طبيعة الانزيمات والكميات النسبية لكل منها ، تتمايز وظائف الخلية • وبتجمع الخلايا يتكون الكائن الحى سواء كان انسانا أو كائنا آخر بحسب طبيعة الجينات •

وبما أن الجينات تنتقل من الوالدين الى الذرية ، فان الذرية تكون من نفس نوع الأهل ولها نفس الخصائص الجسدية ، ولا نكتفى بالقول بأن ذرية الكلاب كلاب ، ولكن نزيد بأن ذرية الكلاب من نوع البيجل تكون (بيجل) ، بل لو أن زوجين من البيجل لهما صفات معينة فان ذريتهما ستحمل نفس تلك الصفات •

تغيرات الجينات

ولعلنا الآن نتساءل انه اذا كانت جزيئات الـ د٠ن٠أ٠ تنسخ نفسها بكل دقة ثم تتوارث من الأصل الى الذرية فلماذا لا يكون لكل كائن حى نفس مجموعة الجينات وبالتالى تكون له نفس الخصائص البدنية ؟ •

ولماذا وكيف نشأت وتطورت الأجناس المختلفة ؟ كيف يتأتى أن تكون هناك اختلافات فى الخصائص بين أفراد الجنس الواحد ؟ من جرو الى جرو فى حالة الكلاب البيجل مثلا ؟ لماذا لا يبدو المرء مختلفا عن شقيقه أو شقيقته ؟

الاجابة هى أن عملية تناسخ الـ د٠ ن٠ أ٠ لا تتسم دائما بالكمال• فبينما تصنع سلسلة طويلة من النوكليوتايدات نسخة جديدة من نفسها بالقولبة بعيدا عن وحدات النوكليوتايدات المنفردة السابحة داخل الخلية ، فقد يحدث خرقا للعادة أن يزج بنوكليوتايد غريب فى أحد مواقع السلسلة الجديدة ، وقبل أن يلفظ ، يكتمل بناء السلسلة فى أى من الجانبين فيثبت ذلك بالنوكليوتايد فى مكانه ، وبذلك تكون السلسلة أ

قد صنعت سلسلة ب* تتسم باختلاف طفيف عن الأصل (النجمة المصاحبة للباء تدل على أن ثمة نوكليوتايد غريبا احتل موقعا فى السلسلة) ، وفى عملية التناسخ التالية تنتج السلسلة ب* سلسلة جديدة تتناسب مع تكوينها الجديد ويرمز لها بحرف أ* ، وبالتالى يأخذ الجزىء د٠ن٠أ٠ المغاير مكانا بين النوعيات المتمايزة فى ذلك الجنس من الكائنات الحية ٠

وأى اختلاف فى جزىء الـ د٠ن٠أ٠ مهما كان طفيفا قد يؤثر على الخصائص ، وفى بعض الأحيان يكون التأثير ملحوظا ، وذلك يعنى أن الذرية لاتكون نسخة مطابقة تماما للأصل ، وقد تحمل الذرية خصائص لا يتصف بهـا الأبوان ولكن قد تتواجد فى الأجـداد وفى بعض الأحيان لاتتوافر هذه الخصائص حتى فى الأجداد ٠

والذين يمارسون تربية الحيوانات الأليفـة يعلمون أن حيوانا قد يولد بلون مختلف تماما عن أبويه ، أو تكون له أرجل أقصر من العـادة أو برأسين أو قد يحمل بطريقة أو بأخرى ملامح كلها جديدة أو مختلفة اختلافا يبعث على الدهشة ٠ ويطلق على مثل تلك الذرية « ذرية مغايرة »، ولكن لم يهتم العلماء كثيرا بتلك الحالات الشاذة ٠

غير أن عالما زراعيا هولنديا يدعى هوجو ميرى دى فريز (١٨٤٥ ـ ١٩٣٥) ، (وهو أحد الثلاثة الذين أعادوا ، فى وقت لاحق على التجربة التى نحن بصددها ، اكتشـاف نظريات مندل) تنـاول بالبحث فى عام ١٨٨٦ مجموعة من الزهور كلها من نفس النـوع ، ومستنبتة مـن بذور مستخلصة من زهرة واحدة ولكن استرعى انتبـاهه أن الزهور الوليدة تختلف فيما بينها ٠ ولما استولدها بالتلقيح الاصطناعى اكتشف فجأة أن النبتة الجديدة لا تشبه الأصل فى خصائص مهمة ، وقد أطلق على هذه التغييرات الفجائية اسم « التغيار الاحيائى » ٠

وما أن وصـل العلم الى طريقة تناسـخ الـ د٠ن٠أ٠ حتى عـزا التغيار الاحيائى الى العيوب التى تصاحب عمليات التناسخ ٠

ولكن ما سبب هذه العيوب ؟ والرد أن ما من أداء يتسم بالكمال طوال الوقت ، أما قد يؤدى الارتطام العشوائى للجزيئات الى أن يفلت أحد النوكليوتايدات أثناء عملية تكون سلسلة جديدة ويصطدم بمكان غير مكانه فى السلسلة المقابلة المستخدمة كقالب ؟ ورغم أن هذا النوكليوتايد لايستقر عادة فى مكانه وغالبا ما يرتد ، الا انه قد يتصادف ألا تسمح ملابسات اقترابه بالارتداد فيلتصق لفترة من الزمن تتيح اسـتقراره فى السلسلة ٠

ولعلنا نستعين بمثل يساعدنا على تخيل ما يحدث • لو أن مجموعة من الناس مجتمعون في مناسبة ما وكل منهم قد علق معطفه في المكان المخصص لذلك ، فماذا يحدث عند الانصراف ؟ الجميع يتزاحم ، وكل شخص يمد يده صوب المكان الذى يعلم انه وضع فيه معطفه • والمفروض في النهاية أن كل شخص قد تناول معطفه ، ولكن الا يحدث بعد الانصراف أن يجد شخص انه يحمل بطريق الخطأ معطفا غير معطفه •

ان التغيار الاحيائي يتم بنفس الاسلوب • ورغم أن ذلك الحادث نادرا ما يقع الا أن العدد الكبير من عمليات التناسخ لآلاف الجينات وتكرار انقسام الخلايا بلايين المرات يجعل عدد التغيارات الاحيائية يبدو كبيرا ، وقد يحمل كل مولود عددا من تلك التغيارات وذلك ما يسبب الاختلافات التى يتسم بها كل جيل من الأجناس المختلفة (علاوة على التغيرات الناجمة عن اختلافات البيئة وكميات الغذاء المتاحة للصغار وأنواعه والأمراض والجروح وغيرها من الملابسات) • وتشكل كل تلك التغييرات الاطار الذى تتم من خلاله عملية الانتخاب الطبيعى ، مما يسفر عن تطور الأجناس •

وغالبا ما تكون نتيجة التغييرات سلبية ـ رغم كونها عشوائيه • فلو أن شخصا تناول معطفا غير معطفه في المثال المطروح فنادرا ما سيجده مناسبا سواء فى المقاس أو الشكل • ولما كان ذلك « تغيارا » نتيجته سيئة فان الرجل ليبذل كل ما فى وسعه لاستعادة معطفه •

ومن ناحية أخرى فمن النادر جدا أن يجد الرجل المعطف الذى تناوله بطريق الخطأ أفضل من معطفه ، وفى هذه الحالة ، فحتى لو أعاد المعطف الى صاحبه فسيفكر فى اقتناء واحد مثله ولو فعل يكون قد ثبت هذا « التغيار » ليكون جزءا منه •

وبالمثل ، فقد يحدث فى حالات نادرة أن يكون التغيار الاحيائى ، الذى يصاحب عملية تناسخ مختلة لجزىء د٠ن٠آ٠ ، مفيدا بصورة أو بأخرى • فقد يساعد على بعث مولود أنجح أو أكثر ملاءمة للحياة ، وعلى انتاج ذريات يتوارث معظمها ذلك التغيار •

ولو ان تغيارا واحدا جاء مفيدا من بين كل عشرة آلاف تغيار مضر ، فان التغيار المفيد هو الذى سيبقى وسيتسع انتشاره فى الجنس المعنى ، بينما ستؤول كل التغيارات المضرة الى الاضمحلال والتلاشى مع الوقت • وعلى ذلك ، نخلص الى أن التغيرات التطورية دائما ما يكون من شأنها أن تحسن السلالات وتجعلها أصلح •

واننا لا نتابع كل حالات التغيير الواهية التى تفنى مع الوقت ،

وكل ما نلحظه هو الحالات المحدودة التي يكون التغيير فيها مفيدا . ولذلك يجد المرء صعوبة في الاقتناع بأن التغيرات التطورية تتم بشكل عشوائي وانه ليس ثمة ذكاء بارع يدفعها في هذا الاتجاه ، ولو كان بوسعنا الوقوف على كل التغيرات المضرة والمفيدة لصار واضحا أن كل شيء يتم بشكل عشوائي ، وأن قدرة الطبيعة على الانتخاب ـ تختار واحدا من عدة تغيارات وتلفظ الباقي ـ هي التي تهيىء الاعتقاد الواهم بأن الأمر موجه في اتجاه مرسوم .

يتضح اذن أن عملية التغيار الاحيائي ـ لاسيما العيوب التي تشوب تناسخ الـ د٠ن٠أ٠ ـ هي التي تدفع بالتطور الى الأمام وهي التي هيأت الفرصة لأن يبعث الجنس البشري . ولو لم يكن هناك تغيار احيائي ، ولو اتسمت عملية تناسخ الـ د٠ن٠أ٠ بالكمال التام لوجدنا أنه ما أن تتكون أول نطفة بسيطة من حياة فانها ستتكاثر على نفس النمط تماما وينتهي الأمر عند ذلك وتقتصر كل الكائنات الحية الموجودة حاليا على أن تكون نسخا من تلك الصورة البدائية البسيطة للحياة .

ومع ذلك فان التغيار الأحيائي الناجم عن ملابسات مواتية لايحدث بالمعدل الذي يلائم السرعة التي جرى بها التطور ، ولايزعم أحد بأن التطور عملية سريعة ولكن لو قدرنا أن تطور أحد الأجناس حتى يتحول الى جنس آخر يجري على مدى مليون سنة ، فبالقطع سيكون معدل ما شهده العالم من تطور في الأجناس أسرع من مجرد الاعتماد على التغيار الاحيائي وليد الصدفة .

ولما كانت الصدفة البحتة لا ترقى الى مستوى معدل التغيار الاحيائي الواقعي فلابد وأن ثمة عوامل تجرى على الأرض وتعمل على زيادة ذلك المعدل .

وبوسعنا أن نلمس ذلك في المثال الوارد آنفا . هب أن عدد الناس الذين تناولوا معاطف غير معاطفهم كان كبيرا بشكل غريب . ان ذلك يعني أن هناك عوامل هيأت زيادة معدل الخطأ . فقد يكون أحد المصابيح قد تلف فضعفت الاضاءة وبالتالي قلت القدرة على التمييز بين المعاطف المتشابهة ، أو قد يكون الناس قد أفرطوا في تناول الخمر فزاغت أبصارهم وقل تركيزهم . وقد يتهيأ احتمال ثالث من جراء حالة فوضى أصابت الناس بسبب حادث أو نداء عارض كمثل « الحافلة ستتحرك » فتكون النتيجة التسرع فيرتفع عدد الأخطاء .

أطلق العلماء على أى سبب يبعث على زيادة معدل التغيار الاحيائى اسم « عامل التغيار الجينى » أو باختصار (Mutagen) وهى كلمة يونانية بمعنى « الباعث على التغيير » · فما هى عوامل التغيار الجينى التى من شأنها زيادة معدل التغيار الاحيائى بحيث تحدث التغييرات التطورية بالسرعة التى نلحظها ؟

تعتبر الحرارة واحدا من هذه العوامل ، فكلما ارتفعت الحرارة زادت سرعة تحرك الذرات والجزيئات وذبذبتها ، مما يصعب الأداء السليم نتيجة التزاحم ، وبالتالى يتزايد معدل التغيار الاحيائى مع ارتفاع درجة الحرارة ·

ولقد نشأت الحياة فى مستهلها فى المحيطات واستمرت كذلك حتى نحو أربعمائة مليون سنة مضت ، بمعنى آخر ظلت الحياة مقصورة على المحيطات لمدة تسعة أعشار عمر الأرض ·

غير أن واقع الأمر يفيد بأن عوامل البيئة فى المحيطات تعد أكثر استقرارا بكثير منها على الأرض ، ولاتتعرض درجة الحرارة فى المحيطات لتغييرات كبيرة فيما بين الموسم والموسم أو من السنة للسنة (بالتأكيد التغير يعد أقل مما تشهده الأرض) · وبالتالى فان تأثير عامل الحرارة على التغيار الاحيائى ظل ضعيفا طوال الجانب الأعظم من تاريخ الحياة ومن ثم لايمكن اعتباره سببا باعثا على التطور بالمعدل الجارى ·

ومن ناحية أخرى فمن الكيماويات ما يمكن أن يعتبر من « بواعث التغيير » ، حيث تميل الى الاتحاد مع الـ د٠ن٠أ٠ وبالتالى فان وجودها يسبب اختلال الأداء الطبيعى خلال عملية التناسخ · وقد تتفاعل تلك الكيماويات مع ال د٠ن٠أ٠ بشكل آخر لا يؤدى الى الاتحاد ولكن يبعث على تغيير ترتيب بعض الذرات المكونة للجزىء ، ولو أن جزىء الـ د٠ن٠أ٠ تعرض لاختلاف فى ترتيب ذراته لصار قالبا مغايرا أثناء عملية التناسخ ومن ثم يحدث تغيار احيائى ·

غير أن الكائنات الحية التى تتأثر بسهولة بالكيماويات التى قد تصادفها سرعان ما تؤول الى الفناء ، حيث تعصف بها التغيارات الاحيائية · ومن خصائص الطبيعة أنها تختار للبقاء تلك الكائنات التى تتميز بطريقة أو بأخرى بمقاومة بواعث التغيير الكيميائية وبالتالى لانتوقع أن يكون للكيماويات تأثير يذكر على دفع التطور ·

ولقد صارت بواعث التغيير فى عالم اليوم تمثل مشكلة خطيرة • فلقد صنع الكيميائيون آلافا من المركبات الجديدة ونشروها فى البيئة بكميـات وفيرة ومنها ما يعد من بواعث التغيير • ولما كانت تلك المركبات مستحدثة ولم تصادفها الكائنات الحية من قبل فلم تتهيأ الفرصـــة لأن يعمل الانتخاب الطبيعى على اكساب الكائنات الحية أى مقاومة لها • وقد يؤدى ذلك الى تعريض العديد من الكائنات الحية (بما فيهـا الجنس البشرى) للضرر •

وتسفر بعض تلك التغيارات الاحيائية عن ظهور جينات تعرف باسم أونكوجينات « Oncogens » وهى جينات ذات معدل نمو عال مما يؤدى الى تحويل الخلايا العادية الى خلايا سرطانية ، وتسمى بواعث التغيير التى تؤدى الى مثل تلك النتائج كارسينوجينات Carcinogens وهو اسم مشتق فى اللغة اليونانية من كلمة تعنى سرطان البحر نظـرا لوجه الشبه بين انتشار مرض السرطان فى جميع الاتجاهات وتشعب أرجل سرطان البحر •

غير انه على مدى بلايين السنين التى سبقت التطور الكيميائى فى القرن الأخير ، لم تكن بواعث التغيير الكيميائية ذات شان كبير ، ومن ثم لا يمكن الاستناد اليها لتفسير معدل التغير التطورى •

ولقد كان عالم الأحياء الأمريكى هيرمان جوزيف مولر (١٨٩٠ ـ ١٩٦٧) أول مـن اكتشف باعث تغيير جديـد يفوق كثيرا فى تاثـيره الحرارة او الكيماويات • كان مولر يبحث التغيارات الاحيائية العشوائية وسبل انتقالها بالوراثة فى حالة ذبابة الفاكهة ، ولما كانت متابعة مثل ذلك النوع من التغيارات العشوائيـــة عملية مملة وتستهلك الكثير من الوقت ، أخذ مولر يبحث عن سبل لزيادة معدل التغيار • وقد بدأ فى عام ١٩١٩ بزيادة درجة حرارة البيئة التى تعيش فيها مستعمرات ذباب الفاكهة فارتفع المعدل ولكن بقدر محدود •

ثم هداه التفكير الى أن يجرب الأشعة السينية • وتتســـم تلك الأشعة بانها أكثر فعالية من الحرارة المعتدلة ثم انها تتخلل الذبابة من اولها لآخرها • ولو صـادف شعاع سينى كروموزوما داخل جسم ذبابة الفاكهة فانه سيمده بطاقة تكفى لأن يقرع الذرات هنا وهناك • وذلك من شانه أن يحدث تغييرا كيميائيا او بمعنى آخـر تغيارا احيائيـــا • ولم يكن العلم فى ذلك الحين قد توصل بعد الى الطبيعة الكيميائيـــة للجينات ، (واستمر الحال كذلك لمدة ثلاثين سنة أخرى) ولكن أيا كانت تلك الطبيعة فقد اكتشف مولر أن الأشعة السينية لها تاثير على التغيار الاحيـــائى •

ولقد كان صائبا ، حيث انه ، بحلول عام ١٩٢٦ ، إثبت بما لا يدع مجـالا للشك أن الأشـعة السينية ترفع معدل التغيـار الاحيـائى بدرجة كبيرة •

وقد درس علماء آخرون ذلك العامل الجديد وتبين أن اى نشاط اشعاعى قوى يزيد من معدل التغيار الاحيائى • ويشمل ذلك الأشعة فوق البنفسجية والاشعاعات الصادرة عن المواد المشعة •

ولعلنا نتساءل الآن كيف تكون الاشعاعات النشطة مسـئولة عن معدل التغيار الاحيائى الذى جعل التطور يمضى بالسرعة التى جرى بها ؟

واذا كان الانسان قد توصل الى التكنولوجيا التى مكنته من انتاج الأشعة السينية طوال القرن الأخير ، الا أن كم تلك الأشعة على الأرض كان محدودا قبل ذلك القرن • فقد كان الغلاف الجوى يمتص دائمـا قدرا كبيرا من الأشعة السينية التى تصـدرها الشمس وكل الكواكب الأخرى فى السماء فلا تصل الى الارض •

أما المواد المشعة ، فكانت موجودة دائما على الأرض • وربما كانت بضعف كمياتها فى مهد الحياة على هذا الكوكب • غير أن معظمها كان على الأرض من ثم لم يكن لها تأثير يذكر على الحياة فى البحر • وحتى على سطح اليابسة فان المواد المشعة ليست موزعة بشـكل منتظم ، بل ان الأماكن التى تصل فيها المصادر الطبيعية للاشعاع الى قدر يجعل منهـا مصدرا مؤثرا للتغيارات الاحيائية عددها محدود •

وفيما يتعلق بالأشعة فوق البنفسجية الواردة من الشمس ، فصحيح أنها أقل طاقة وفعالية من الأشعة السينية أو اشعاعات المواد المشعة على الأرض ، وبالتالى فهى أقل خطورة ، ولكنها كانت دائما تصل الى الأرض مع ضوء الشمس لاسيما فى العصـور القديمـة قبل أن تتكون طبقه الأوزون فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى •

لم يكن هناك اذن مفر من تعرض سـطح الأرض للأشـعة فوق البنفسجية ، وقبل تكون طبقة الأوزون كانت تلك الأشعة تتسم بقدر من الطاقة ـ سواء من حيث الكمية أو نطاق طول موجاتها ـ لايكفى لاحداث تغيارات احيائية فحسب بل لاحداث أنواع من التغيرات الكيميائية الكفيلة بالقضاء على الكائنات الحية قضاء مبرما ، وقد يكون ذلك سبب تأخـر ظهور الحياة على سـطح الأرض ، فلولا أن تكونت طبقة أوزون تكفى لحجب الجانب الأكثر خطورة من الأشعة الشمسية ما كان لحياة أن تنشأ على وجه البسيطة بينما يغمرها وهج الشمس بأقصى درجاته •

أما فيما يتعلق بالمياه فقدرتها على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية تفوق قدرة الهواء • ولابد أن الكائنات البحرية قد تطورت بحيث اكتسبت مسلكا يتيح لها التواجد على عمق عدة أقدام تحت سطح البحر عندما تسقط أشعة الشمس بشكل مباشر على ذلك السطح • اما عندما تجنح الشمس للمغيب أو بعد الغروب أو في الأيام التي تكثر فيها السحب فبوسع تلك الكائنات أن ترتفع الى مستوى السطح • وعندما وصل التطور الى مستوى الخلايا النباتية ، أصبح ضوء الشمس أساسيا لوظائفهـا ، واستمرت تلك الخلايا مغمورة ولكن الى عمق يتيح لها استقبال قدر كاف من الضوء لاتمام عملية التمثيل الضوئي دون أن يتجاوز ذلك القدر حد الخطر • وما أن تكونت الخلايا النباتية حتى بدأ الأكسـجين يختلط بالغلاف الجوى ، وسرعان ما تكونت طبقة الأوزون ، ومن ثم زال خطر الأشعة فوق البنفسجية الى حد كبير •

ولعلنا نلحظ الآن أن كل ما ورد في ذلك الفصـل من بواعث التغيارات محدود التأثير •• كيف اذن نفسر معدل التطور الذى جرت به الأمور ؟ وللاجابة على ذلك السؤال لابد أن نطرق سبيلا جديدا •

الأشعة الكونيـة

عندما اكتشفت اشـعاعات الراديو في العقد الأخـير من القرن التاسع عشر أخذ العلماء يصممون مختلف الأجهزة لرصد تلك الاشعاعات• ولشد ما دهشوا حين لاحظوا أن أجهزتهم ترصد اشـارات من مصـدر مجهول ، حتى لو لم يكونوا على مقربة من أى مواد مشعة (بقـدر علمهم في ذلك الحين) • بل انهم لاحظوا انه حتى بتغطية الأجهزة بألواح من الرصاص ـ ومادة الرصاص لا تخترقها الاشعاعات بكافة الأنواع المعروفة آنذاك ـ استمرت الأجهزة ترصد اشعاعات •

المسألة اذن لاتتعلق باشعاعات مجهولة المصدر فحسب ولكنهـا تتميز بأنها ذات قدرة فائقة على الاختراق ، وبالتالى ذات طاقة أكبر من أى نوع آخر من الاشعاعات ، بل انها أكثر فعالية من أشعة جاما المنبعثة من بعض المواد المشعة ، وأشعة جاما تفوق الأشعة السينية في طاقتها •

وقد ساد وقتذاك اعتقاد بأن مصـدر ذلك النـوع الجديد من الاشعاعات هو مواد ذات قدرة اشعاعية خارقة وموجودة في الأرض • وللتأكد من ذلك واتت الفيزيائي النمساوى فيكتور فرانز هيس (١٨٨٣ ـ ١٩٦٤) فكرة أن يحاول قياس الاشعاعات من الجو ، وذلك بأن يضع

أجهزته في منطاد • وكان يتصور أنه كلما ازداد ارتفاع المنطاد عن الأرض ضعفت شدة الاشعاع •

وبدأ هيس في عام ١٩١١ في اجراء عشر تجارب تحليق بالمنطاد ـ خمس تجارب نهارية وخمس ليلية ـ لقياس الاشعاعات ، وقد أجرى واحدة من تجاربه النهارية في يوم شهد كسوفا كاملا للشمس • وقد دهش أن نتيجه هذه التجارب جاءت على عكس توقعه تماما ، اذ كلما ارتفع بالمنطاد ازدادت شدة الاشعاعات• المصدر اذن في السماء وليس في الأرض، والأغرب من ذلك انه اكتشف أن الشمس لا علاقة لها بذلك ، حيث ظلت شدة الاشعاعات واحدة سواء بالنهار أو الليل •

وقد لاحظ هيس وغيره ـ بما لديهم من امكانات ـ أن الاشعاعات ترد بمقدار متساو من كافة الاتجاهات في السماء • ولما كانت هذه الاشعاعات تنبعث من الكون بصفة عامة أطلق عليها الفيزيائي الأمريكي روبرت اندروز ميليكان (١٨٦٨ ـ ١٩٥٣) اسم « الأشعة الكونية » ولم يتغير الإسم منذ ذلك الحين • وخلص ميليكان الى أن الأشعة الكونية هي نوع جديد من الأشعة الكهرومغناطيسية مثل الأشعةالضوئية العادية•

وتتسم الأشعة الكهرومغناطيسية بأنها تنتشر على هيئة موجات ، وكلما صغرت الموجات (أى كلما قل طول الموجة) ازدادت شدة الشعاع ، ويتميز الضوء المرئي بانه يتكون من أشعة ذات موجات قصيرة جدا تتباين أطوالها بحسب ألوان الطيف المكونة للضوء • ويتصدر اللون الأحمر ألوان الطيف من حيث طول موجاته ومن ثم فهو أقلها شدة ، ثم يقل طول الموجات وتزداد الشدة تدريجيا من اللون الأحمر الى البرتقالي ثم الأصفر فالأخضر فالأزرق وأخيرا البنفسجي •

وتتميز الأشعة فوق البنفسجية بأن طول موجاتها يقل عن طول موجات الأشعة البنفسجية ، ومن ثم فهي تفوق في شدتها أى نوع من انواع الضوء المرئي • وتنتقل قائمة الموجات من أقصر الى أقصر فتأتي بعد الأشعة فوق البنفسجية الأشعة السينية ثم اشعة جاما وتليها ـ وفقا لدراسات ميليكان ـ الأشعة الكونية ، والتي عرفها بأنها أشعة جاما فوق القصيرة ، ومن ثم فهي تفوق أشعة جاما من حيث الشدة والقدرة على الاختراق •

غير أن الفيزيائي الأمريكي ارثر هولي كومتون (١٨٩٢ ـ ١٩٦٢) كان له رأى آخر مفاده أن الأشعة الكونية عبارة عن جسيمات دقيقة من

مركبات الذرة بالغة السرعة وتحمل شحنات كهربية • أما طاقتها فتستمدها من « كمية التحرك » التي تعتمد على كتلتها وسرعتها •

وكان لكل رأى مبرره بما يرسخ الاختلاف فى وجهات النظر •

فلو كانت الأشعة الكونية اشعاعات كهرومغناطيسية فستكون خالية من الشحنات الكهربية وبالتالى لن تتأثر بالمجال المغناطيسى للأرض ، ومن ثم ستسقط بنفس الكيفية فى أى بقعة من الأرض على اعتبار انها منبعثة بشكل منتظم من السماء كلها •

أما لو كانت الأشعة الكونية تحمل شحنات كهربية فهى ستتأثر بالمجال المغناطيسى للأرض • وذلك من شأنه أن يجعلها تميل فى مسارها صوب القطبين المغناطيسيين • غير أن ما تتسم به جسيمات الأشعة الكونية (لو صح ذلك الرأى) من طاقة عالية يضعف كثيرا ذلك التأثير وبالتالى يكون الانحراف محدودا • ولكن طبقا لحسابات كومتون لابد أن يكون ذلك الانحراف ملموسا ، وانه كلما ابتعد الشعاع المنحرف عن خط الاستواء ، سواء الى الشمال أو الجنوب ، ازدادت القوة التصادمية للشعاع الكونى •

وفى عام ١٩٣٠ تحول كومتون الى رحالة يجوب أنحاء العالم سعيا الى اثبات نظريته الى أن تمكن بالفعل من تحقيق هدفه • فقد أثبت انه كلما ابتعد خط العرض عن خط الاستواء ازدادت شدة الشعاع الكونى • ومن ناحية أخرى ظل ميليكان متشبثا بنظريته ، الا أن العالم بدأ شيئا فشيئا يميل الى نظرية كومتون • ولقد ترسخ فى العلم الحديث ذلك التوصيف للأشعة الكونية ، وصار معروفا أنها تتكون فى معظمها من مكونات ذرية تحمل شحنات كهربية موجبة أغلبها نويات هيدروجين ونويات هليوم بنسبة ١٠ الى ١ ، ثم عدد ضئيل من نويات متفاوتة الثقل حتى انها لتضم بعض نويات الحديد ، ويشبه توزيع النويات فى الأشعة الكونية توزيع العناصر فى الكون •

لا غرابة اذن فى أن الأشعة الكونية تتسم بذلك القدر من الطاقة وتلك القدرة على الاختراق ، فجسيماتها تتحرك أسرع كثيرا من الجسيمات المماثلة الناشئة على الأرض ، أو بالقرب منها ، بما فيها تلك المنبعثة من المواد المشعة ، وبقياس السرعة القصوى لتحرك جسيمات الأشعة الكونية وجد أنها تقل قليلا عن سرعة الضوء التى تعد اقصى سرعة على الاطلاق لأى شىء فى الوجود له كتلة •

وثمة علاقة قوية بين وجود جسيمات الأشعة الكونية والتطور

البيولوجى • فهذه الجسيمات بما لها من طاقة من شانهـا أن تحدث تغيارات احيائية وهو ما يحدث بالفعل •

ولا وجه للمقارنة بين كمية جسيمات الأشعة الكونيـة المرتطمة بالأرض وكمية الأشعة فوق البنفسجية أو الأشـعة السينية المولدة من جهاز أو الاشعاعات المنبعثة من المواد المشعة • واذا كان بوسع المرء أن يتلافى التعرض لأشعة سينية أو لاشعاعات المواد المشعة ، بل وأن يتجنب الأشعة فوق البنفسجية بأن يقف على سبيل المثـال فى الظل ، فما من وسيلة بسيطة للفكاك من التعرض لجسيمات الأشعة الكونية •

وقد يلجأ شخص الى الاحتماء فى منجم تحت سـطح الأرض ، أو يعيش فى فقاعة كبيرة فى قاع بحيرة عميقة ، أو يحيط نفسه بجدار سميك من الرصاص يبلغ سمكه عدة أقدام ، الا أن الغالبية العظمى من الكائنـات الحيـة لا تلجأ ، ولم يسبق لها أن لجأت ، الى أى من تلك الاستراتيجيات •

واذا كانت الكائنات الحية ، على مدى بلايين السنين ، قد حكمتها الصدفة فى تعرضها للأشـعة الكهرومغناطيسية الشديدة أو لاشعاعات الراديو أو كيماويات التغيارات الاحيائيـة ، فان تعرضـها لجسيمات الأشعة الكونية كان منتظما ومتصلا ليل نهار وفى اى مكان على الأرض • علاوة على أن معظم الاشعاعات العادية الواردة من الشمس • أو السماء بصفة عامة ، كان يمتصها الغلاف الجوى ومياه البحار والمحيطات ما عدا جسيمات الأشعة الكونية •

والواقع أن جسيمات الأشعة الكونية لاتصـل الى الأرض بنفس هيئتها فى الفضـاء ، حيث تسمى « اشعاعات أوليه » • فهى تصطدم فى تحركها بالذرات والجزيئات الموجودة فى الغلاف الجوى فتقل سرعتها وتمتص فى نهاية الأمر ، غير انها تقرع أيضا ، بخلاف الذرات والجزيئات، جسيمات ذات طاقة عالية (الاشعاع الثانوى) ، وتلك هى التى تصل بصورة أو بأخرى الى الأرض ، وتخترق بعمق الأرض والبحار ، مع كونها فى نفس الوقت ذات قدرة عالية على احداث التغيارات الاحيائية •

ولعلنا نستدل من ذلك على أن القصف المتصل الذى تعرضت له شتى صور الحياة على مدى عمرها ، من جسيمات الأشعة الكونية لابد أنه كان على درجة من اللين تتيح للكائنات الحية أن تعيش حياة مريحة ، وفى نفس الوقت على درجة من الشدة تزيد من معدل التغيارات الاحيائية بقدر يفوق ذلك الناجم عن مجرد الاعتماد فى عملية التناسخ ، على الخلل

العشوائي أو بواعث التغيارات الأخرى الأقل شيوعا ، أو التي يمكن تلافيها أكثر من جسيمات الأشعة الكونية ٠

ويبعث ذلك على الاعتقاد بأن جسيمات الأشعة الكونية دون سواها ، كان لها الفضل في دفع معدل التغيارات الاحيائية ، وبالتالي تنشيط عملية الانتخاب الطبيعي مما جعل التطور يمضي بالسرعة التي جرى بها ٠ الفضل اذن في نشأة الانسان يرجع الى جسيمات الأشعة الكونية التي لولاها لما أسفر معدل التطور عن نشأة كائن حي على الأرض يتجاوز في تعقيد تركيبته مجرد الكائنات الدودية البحرية ٠

ولكن من أين تأتي الأشعة الكونية ؟

لما كانت تلك الأشعة تنبعث من كل السماء ، فلا مجال لأن تكون ذات صله بجسم واحد ، أو بمجموعة أجسام بعينها هنا أو هناك ولا يمكن أن نفترض أن دفعة من جسيمات الأشعة الكونية تصدر من جسم ما بالسماء ، يقع قريبا من المكان الذي يتخيل المرء أنها تنبعث منه ٠

ومن طبيعة الأشعة الكهرومغناطيسية أنها تنتشر في خط مستقيم (الا لو مرت بجوار جسم ثقيل فيحيد مسارها بانحناء ضئيل للغاية) ٠ وذلك يعني أن المرء لو رأى شعاعا ضوئيا فسيجد مصدره في نفس اتجاه نظره ، بمعنى آخر ، انه لو رصد نجما عن طريق الضوء الذي يشعه فسيجد انه ينظر الى النجم ذاته اذا وجه بصره تجاه الضوء ٠ ويرى الناس أن مسألة انتشار الضوء في خط مستقيم مسألة بديهية حتى انه لو قيل ان « النجم يقع في المكان الذي يرى فيه » لأحسوا أن تلك مقولة جوفاء فأين سيقع اذن ؟

وبخلاف الضوء ، فان أى صورة أخرى من صور الاشعاعات الكهرومغناطيسية تصدر من نفس الموقع الذي ترى العين انه يرد منه ٠ وذلك أيضا أمر أكيد لا لبس فيه ٠

أما الجسيمات التي تحمل شحنات كهربية فهي لاتسير في خط مستقيم ، فهي تتأثر بالمجالات المغناطيسية ، وكم هو زاخر الكون بالمجالات المغناطيسية ! فكل نجم له مجال مغناطيسي ، وكثير من الكواكب كذلك ، والمجرة ككل لها مجالها المغناطيسي ، ومن ثم فان مسار جسيمات الأشعة الكونية فيما بين الكواكب مسار بالغ التعقيد حيث يتأثر بكل المجالات المغناطيسية التي يمر بها ٠

وذلك يعني أن اتجاه اقتراب الأشعة الكونية في نهاية رحلتها الى

الأرض لايدل على المسار الذى اتخذته عندما كانت على بعد بضع سنوات ضوئية ، ويمكن تشبيه ذلك بطائر يراه المرء مقتربا في مسار ما ، ولو مد ذلك المسار في عكس اتجاه الاقتراب لانتهى المآل الى شجرة ، ولكن ما من دليل يفيد بأن ذلك الطائر قادم من تلك الشجرة ، فقد يكون قد غير اتجاهه عشرات المرات خلال تحليقه ٠

ولما كان لكل واحد من جسيمات الأشعة الكونية مثل ذلك المسار المعقد ، فلا غرابة فى أن نشعر بأنها واردة من كل نقطة في السماء ولا مجال لأن نتتبع أى مسار لنعرف مصدره ٠

ولكننا على علم تام بأن جسيمات الأشعة الكونية تتميز بطاقة جبارة ، وانه أيا كان مصدرها فلابد وأنه شيء بالغ الشدة ، فلا مجال لانبعاث جسيمات ذات طاقة كبيرة من مصدر يتسم بالهدوء ٠

ولا خلاف فى أن الشمس هى أكثر أجرام المجموعة الشمسية مورا ، وأن اللهب هو أكثر الظواهر فورانا على سطح الشمس ، فهل فوران اللهب الشمسى مستعر بدرجة تكفى لانتاج جسيمات الأشعة الكونية ؟ ٠

ذاك سؤال لم ينل حظه من البحث وان كانت اجابته قد فرضت نفسها على العلماء ٠

فقد حدث فى منتصف فبراير من عام ١٩٤٢ أن رصد لهب شمسى ضخم فى منتصف صفحة الشمس ، بما يعنى أنها كانت تلفظ حمما صوب الأرض مباشرة ٠ وسرعان ما تم رصد موجة ضعيفة نسبيا من جسيمات أشعة كونية ، وكان اتجاه مسار تلك الجسيمات يصل الى الشمس مباشرة ٠ ويمكن فى هذه الحالة اعتبار الشمس مصدر الجسيمات ، اذ بالنظر الى المسافة الضئيلة التى تفصل بين الأرض والشمس ، فلا وقت ولا مجال لأن تغير الجسيمات المنطلقة بسرعة هائلة من اتجاهها بشكل ملموس ٠

ومنذ ذلك الحين تكرر وصول موجات « خفيفة » من جسيمات الأشعة الكونية فى أعقاب كل توهج هائل يظهر فى موقع ملائم من سطح الشمس ٠

لم يعد هناك غموض اذن واصبح الأمر واضحا ٠ فالرياح الشمسية عبارة عن موجة من النويات المنطلقة من الشمس ، ومعظمها نويات هيدروجين وهليوم ، وهذه النويات ذات طاقة هائلة تجعلها تتحرك بسرعة مئات الكيلومترات فى الثانية ٠ ومن ناحية أخرى فان التوهجات الشمسية تعد من أكثر الظواهر العنيفة التى يشهدها سطح الشمس ،

وهى تعصف بالرياح الشمسية فتكسب الجسيمات المزيد والمزيد من السرعة ، وهذا يعنى ان التوهجات الشمسية لو اتسمت بقدر كاف من الشدة ، وكانت الرياح الشمسية منطلقة بسرعة كافية ، فان جسيماتها تصبح اشعة كونية ٠

وتماثل جسيمات الأشعة الكونية جسيمات الرياح الشمسية مع فارق واحد هو تميزها بقدر أكبر من السرعة والطاقة ٠ ويذكرنا ذلك بالفارق الوحيد أيضا بين الأشعة السينية والموجات الضوئية ، وهو ان الأشعة السينية تتميز بقصر موجاتها وزيادة طاقتها مقارنة بالضوء ٠

يتضح من ذلك أن الشمس فى أفضل الأحوال ، لا تنتج الا موجات عارضة من جسيمات الأشعة الكونية وتتسم بدرجة دنيا فى مرتبة الطاقات ٠ أما الحصول على أشعة كونية بقدر أكبر من الطاقة وبكميات هائلة تكفى المجرة بأسرها ، فلابد له من مصادر أعنف كثيرا من مجرد شمس فى منتصف عمرها ٠

ولعلنا ننتقل الآن الى الانفجارات السوبرنوفا باعتبارها أعنف الظواهر الكونية ٠ ومثل تلك الانفجارات من شانها منطقيا أن تطلق فى كل اتجاه موجة ضخمة من الرياح الفضائية ذات الطاقة الهائلة ، وان هى الا جسيمات أشعة كونية ٠

وتنطلق تلك الجسيمات فى شبه الفراغ الفضائى دون عائق يقلل من سرعتها ٠ وعندما تصادف مجالا مغناطيسيا ، فانها تميل فى منحنيات قد تزيدها سرعة فتقترب من سرعة الضوء ٠ وكلما ازدادت طاقة الجسيمات قل تأثرها بالمجالات المغناطيسية وتضاءل بالتالى انحرافها عن المسار المستقيم ، بل قد لا يعوقها شىء عن الاسراع الى خارج المجرة لتنطلق بين المجرات فى فضاء أكثر فراغا ٠

ولا يشمل ذلك المصير كل جسيمات الأشعة الكونية ٠ فالعديد منها يصطدم خلال رحلتها الطويلة ، بأجسام أخرى قد تكون ذرة هائمة ، أو حبة غبار تسبح فى فضاء المجرة ، أو نجما ، أو شيئا ما بين ذلك وذاك مثل الأرض ٠

ولقد حدث من الانفجارات السوبر نوفا على مدى تاريخ المجرة ما حمل الفضاء بنسبة كافية من جسيمات الأشعة الكونية ، مما يجعل الأرض تتعرض فى كل ثانية لأن يقرعها عدد هائل من تلك الجسيمات الواردة من كل اتجاه ٠ واذا كانت نسبة من جسيمات الأشعة الكونية الناتجة عن الانفجارات السوبرنوفا الواقعة فى مجرتنا ، قد أفلتت الى خارج المجرة ، فلابد انه يرد الينا من المجرات الأخرى ما يكافىء ذلك ٠

ويقودنا ذلك فى النهاية الى القول بأن الانفجـارات السوبر نوفا لم تقتصر نتائجها على مجرد توفير المواد الخام التى تكونت منهـا الأرض والمادة الحية ، وتوفير الحرارة التى حالت دون أن تتكثف قبل أوانهـا السحب التى تكونت منها المجموعة الشمسية ، وتوفير الموجة التصادمية التى أتاحت الفرصة للتكثيف ، بل انها وفرت كذلك القوة الدافعـة للتغيرات التطورية التى ارتقت بالحياة على الأرض تدريجيا من صورتهـا البسيطة الى صور أعقد وأعقد ومنها بطبيعة الحال الانسان .

الانفجـارات السـوبر نوفا هى اذن بواتق عمـلاقة فى الفضـاء وسندانات هائلة تعمل على افراز المـادة ، ثم يوفر انتاجها البيئـة التى أتاحت للحياة ، ولو لمرة واحدة ، أن تنشأ وترتقى .

المستقبـل

المجال المغناطيسى للأرض

ان كل ما تدارسناه حتى الآن من تأثير الانفجارات السوبر نوفا على الجنس البشرى ليبدو فى صالحه تماما . ولكن هل يمكن أن يكون من شـأن تلك الانفجـارات أن تلحق ، بشكل ما ، وفى وقت ما ، ضررا بالانسان ؟ هل هناك احتمال بأن تهدد البشرية ؟ أو تهـدد الحيـاة بأسرها ؟

ان الانفجار السوبر نوفا يولد قدرا من الطاقة يعد فتاكا بالنسـبة للكواكب القريبة منه فى اطار المجرة . فلو أن الشمس مثلا تحولت الى سوبر نوفا لن يقتصر الأمـر على فناء كل صـور الحيـاة على الأرض فى غضون دقائق فحسب ، بل ان الأرض نفسـهـا ستتبخر . ان مجـرد اقتراب الشمس من مرحلة النوفا كفيل بأن يعرض الأرض للجدب .

ولكن ذلك احتمال غير وارد ، على نحو ما أوضـحنا سالفـا . فشمسنا لا تتسم بكتلة ضخمة وليست طرفا فى نجم مزدوج ، وبالتالى ليس ثمة احتمال قريب أو بعيد لأن تتحول الى نوفا أو سـوبر نـوفا ، بل سيكون من شأنها مستقبلا ان تتحول الى عملاق أحمـر ثم تنقبض وتتحول الى متقزم أبيض . غير ان ذلك لن يحدث قبل مضى خمسـة أو ستة بلايين سنة من الآن . وحتى ذلك الحين ستبقى الشمس على حالها الا لو تعرضت على غير توقع لاصطدام كلى أو جزئى مع نجم آخر وذلك من شأنه أن يهدد الحياة بصفة عامة .

وبخلاف الشمس ، هل ثمة احتمال أن يتعرض الانسان للخطر من جراء انفجار نجم آخر ؟ ان أقرب نجـوم من شأنهـا ان تتحـول الى سوبر نوفا تبعد عن الأرض بما يربو على مائة فرسخ • ولو حدث أن انفجر أحد تلك النجوم قريبا ، فمن المستبعد أن يقع ما يشكل تهديدا حقيقيا للبشرية ، وأقصى ما نتوقعـه أن يسفر ذلك عن بعض الآثار الضارة صحيا •

ولو نظرنا الى الماضي فسنجد أن ما شـهده التاريخ من انفجارات سوبر نوفا لم يلحق ضررا بالأرض • فعلى حد علمنا ، لم تتأثر الحيـاة على الأرض بالسوبر نوفا التى أسـفرت عن تكوين سـديم العقـرب ولا بسوبر نوفا فيلا الذى كان قريبا بدرجة أتاحت رؤية بريقـه وهو كالبدر لبضعة أيام •

أما ما نتوقعه فعلا من تأثير مباشر نتيجة انفجار سـوبر نوفا بعيد ولكن شديد بدرجة كافية ، فهو ما سيسفر عنه من أشعة كونية • ويعيدنا ذلك مرة أخرى الى الأشعة الكونية •

ان مقدار ما تجلبه الأشعة الكونية من طاقة الى الأرض لكبير بدرجة تبعث على الدهشة • فهو يساوى على وجه التقريب ، مجمـوع الطاقة المستمدة من ضوء كل نجوم السماء باستثناء الشمس • ورغـم أن عدد جسيمات الشعاع الكونى الواحد يقل كثيرا عن عدد الفوتونات الضوئية فى الشعاع الوارد من النجوم الا أن طاقة الجسيم الواحـد فى الشعاع الكونى تتجاوز بكثير طاقة الفوتون وهذا ما يحقق المعادلة •

ويتسم سقوط جسيمات الأشعة الكونيـة على الأرض بالانتظام بصفة عامة (باستثناء تلك الحالات العارضة والمؤقتة التى تتعرض فيها الأرض لموجة اضافية طفيفة من الجسيمات الناجمـة عن توهج شمسى عارض) • ولكن لو افترضنا أن ذلك المعدل ، لسبب أو لآخر ، ارتفع بشكل ملحوظ ، ودام لفترة من الزمن فهل يكون ذلك مصدر ضرر ؟

والاجابة : نعـم !

ان جسيمات الأشعة الكونية تحدث تغيارات احيائية ، وتلك تعد ضرورية من اجل أن يجرى التطور بمعدل معقول • غير ان معظم التغيارات الاحيائية تاتى بنتائج ضارة • وهنا ياتى دور الانتخاب الطبيعى ، فيمنح الحياة والانتشار للحالات القليلة التى يكون فيهـا التغيار الاحيـائى للأفضل ، بينما تؤول معظم التغيارات المضرة الى الفنـاء • غـير أن ذلك لايتم بدون ترك « عبء جينى » على الأجناس فتكون النتيجة وجود نسبة من الخلائق تعانى من عيوب تعوق حياتها الطبيعية •

كل ذلك يحدث في ظل ظروف طبيعية ، ولكن ماذا لو كانت الظروف غير طبيعية ؟ ماذا لو زادت شدة الأشعة الكونية وتجاوزت بكثير المعدل الطبيعي وبقيت على هذا الحال لفترة من الزمن ؟ في هذه الحالة سيزيد معدل التغيار وبالتالي العبء الجيني • وقد يحدث أن يكون العبء الجيني ثقيلا بدرجة تجعل مجتمع جنس من الأجناس ينهار سريعـــا ، ولا تقوى التغيارات السليمة على مقاومة ذلك الانهيار ، فينتهي المآل بهذا الجنس الى الفناء • وقد يتعرض عدد من الأجنـاس للفناء في نفس الوقت تقريبا •

ولكن هل يمكن أن يزيد مستوى شدة الشعاع الكوني لسبب آخر خلاف وقوع انفجارات سوبر نوفا قريبا من الأرض ؟

نعم ، قد يحدث أن يرتفع ذلك المستوى بدرجة ملموســـة ! وفي الواقع ، قد نشهد فعلا على مدى الألفى سنة القادمة زيادة لا مفر منها ، حتى لو لم نتعرض لأثار انفجارات سوبر نوفا • ولعلنا نعود الى الوراء قليلا لنشرح ذلك •

تتعرض الأرض باستمرار لسقوط جسيمات الأشعة الكونية ولكن جانبا من الجسيمات لايصطدم بها • فالأرض لها مجـــال مغناطيسي ، وذلك أمـر معروف منذ عهـــد الفيزيـائي الانجليزي وليـــام جيلبيرت (١٥٤٤ ــ ١٦٠٣) الذى نشر في عام ١٦٠٠ كتابا وصف فيه التجارب التي أجراها على كرة مغناطيسية • لقد اوضح أن اى بوصلة يقربها من الكرة المغناطيسية تتعرض ابرتها لنفس التأثير الذى ستتعرض له بجوار الارض ، مما يعني أن الأرض تعـد (بشـــكل ما) كرة تحتوى على مواد مغناطيسية •

ولو حاولنا تجسيد المجال المغناطيسي للأرض ، عن طريق توصيل خطوط بين النقــاط ذات قوة الجذب المتساوية لحصلنا على مجموعه من « خطوط القوى المغناطيسية » • وتبــــدأ كل تلك الخطوط وتنتهي عند نقطتين على سطح الأرض ، واحدة على حافة انتاركتيكا (القطب المغناطيسي الجنوبى) وواحدة على حـــافة أمريكا الشماليــــة (القطب المغناطيسي الشمالى) • ثم تنبعج الخطوط وتتخذ شـكل منحنيات منتظمة متتالية تقع قمتها في منتصف المسافة بين القطبين •

ولابد لأى جسيم يحمل شحنة كهربية ومتجه من الفضاء الى سطح الأرض أن يخترق خطوط القوى المغناطيسية هذه ، مما يشكل استنزافا للطاقة ، فتقل سرعة ذلك الجسيم • أما اذا لم يكن الجسيم متجها بشكل عمودى على سطح الأرض ، فانه يتعرض عند دخوله المجال المغناطيسي للانحراف في اتجاه خطوط القوى المغناطيسية ، ويكون ذلك الانحراف

فى اتجاه الشمال لو وقع شمال خط الاستواء المغناطيسى وصوب الجنوب لو وقع جنوبه •

وكلما قل مقدار طاقة الجسيم ازداد انحرافه • أما لو قل مقدار الطاقة بدرجة كبيرة ، فان الجسيم يتخذ مسارا موازيا لخطوط القوى المغناطيسية ، ثم يتحرك صوب الغلاف الجوى عند أحد القطبين المغناطيسيين •

غير أن جسيمات الأشعة الكونية تتسم بقدر وفير من الطاقة ، مما يحد كثيرا من انحرافها عند دخولها المجال المغناطيسى للأرض • ولكن قد يحدث أن تقترب بعض الجسيمات فى اتجاه مماس لدائرة الأرض ، فى هذه الحالة ينحرف مسار تلك الجسيمات تماما وتضيع ، أما الجسيمات التى تقترب من الأرض بزاوية ميل متوسطة ، ولولا المجال المغناطيسى لسقطت فى المناطق الاستوائية والمعتدلة الزاخرة بالحياة ، فانها تنحرف لتقرع المناطق القطبية القاحلة •

المجال المغناطيسى للأرض اذن يقلل من تأثير جسيمات الأشعة الكونية على الحياة ، يقللها بدرجة تمنع الضرر ولكن لاتحول فى نفس الوقت دون أن تؤدى دورها المثمر بالنسبة للتطور والارتقاء •

ومن ناحية أخرى ، كلما قلت شدة المجال المغناطيسى ضعفت قدرته على تغيير مسار جسيمات الأشعة الكونية ، وبالتالى يزداد تأثير تلك الأشعة على سطح الأرض ، لاسيما عند خطوط العرض القريبة من خط الاستواء •

والواقع أن مقدار شدة الجاذبية الأرضية ليس ثابتا ، فمنذ أن بدأ العلماء قياس قوة الجاذبية الأرضية فى عام ١٦٧٠ انخفض مقدارها بنسبة ١٥ فى المائة ، ولو استمر التناقص بهذه النسبة فانها ستتلاشى فى غضون أربعة آلاف سنة •

ولكن هل من الوارد أن يستمر انخفاض قوة الجاذبية ؟ يبدو للوهلة الأولى أن ذلك أمر مستبعد ، والأرجح أن تتذبذب شدة المجال المغناطيسى ، فتنخفض وتستمر فى الانخفاض حتى تصل الى حد أدنى ــ قيمته لاتزال كبيرة ــ ثم تقوى وتقوى الى أن تصل الى حد أقصى دون تطرف ثم تعيد الكرة •

ويبدو أن الوسيلة الوحيدة التى تمكننا من التعرف على ما يجرى هى مواصلة قياس شدة الجاذبية لبضعة آلاف من السنين ، ولكن بما أن الظاهرة تتكرر بشكل دورى فليست هناك مدعاة لذلك •

وتتسم بعض المعادن المكونة للقشرة الأرضية بخصائص مغناطيسية ضعيفة ، وعندما تبرد الحمم التي تفيض بها البراكين وتتحول من السائل الى الصلب ، تتخذ المعادن هيئة بلورية وتترتب في اتجاه خطوط القوة المغناطيسية الأرضية • بل ان كل بلورة يكون لها قطب شمالى يتجه نحو الشمال وقطب جنوبى يتخذ الاتجاه المعاكس (ويمكن تمييز القطب الشمالى من الجنوبى فى البلورة باستخدام مغناطيس عادى) •

وفى عام ١٩٠٦ وبينما كان الفيزيائى الفرنسى برنار برونسن (١٨٦٩ ـ ١٩٣٠) يفحص بعض الصخور البركانية لاحظ أن البلورات فى بعض الحالات ممغنطة فى عكس اتجاه المجال المغناطيسى العادى ، أى أن القطب الشمالى يواجه الجنوب والقطب الجنوبى يواجه الشمال • وقد أهمل الأمر فى البداية حيث بدا بلا سبب مفهوم • ولكن بمرور الوقت اتضحت حقائق أخرى بحيث لم يعد هناك مجال لعدم الاعتراف بهذه الظاهرة أو لاهمالها •

لماذا اذن تتخذ بعض الصخور اتجاها « خاطئا » ؟ لأن المجال المغناطيسى للأرض يتخذ فى بعض الأحيان اتجاها وفى أحيان أخرى اتجاها معاكسا • والصخور عند تبلرها تتخذ نفس اتجاه المجال المغناطيسى الذى تكون عليه الأرض فى ذلك الوقت • وعندما ينقلب اتجاه المجال المغناطيسى لا تتوفر له الطاقة على قلب الاتجاه المغناطيسى للبلورات فتبقى على اتجاه معاكس •

ولقد تدارس العلماء فى الستينيات من القرن العشرين الخصائص المغناطيسية لقاع البحار ، واكتشفوا أن قاع المحيط الاطلسى اتسع الى رقعته الحالية أثر تفجر مواد منصهرة من بطن الأرض بطول الأخدود بامتداد الخط الأوسط المركزى للمحيط ، والصخور القريبة من الأخدود هى أحدث صخور تحولت الى الحالة الصلبة ، وكلما ابتعدنا عن الأخدود فى كلا الاتجاهين ازدادت الصخور قدما • وبدراسة الخصائص المغناطيسية ، اكتشف العلماء أن الاتجاه المغناطيسى للصخور ينقلب الى العكس بعد مسافة من الصدع ، ثم يعود الى وضعه بعد مسافة أخرى ، ثم ينقلب ثم يعود وهلم جرا • وبقياس عمر الصخور تبين أن المجال المغناطيسى يعكس اتجاهه على فترات غير منتظمة • وأحيانا تقل فترة التحولات العكسية الى خمسين الف سنة وأحيانا تزيد حتى تصل الى عشرين مليون سنة • ويعزى ذلك فيما يبدو الى أن المجال المغناطيسى يضعف تدريجيا الى أن تصل شدته الى صفر ويستمر بالسالب ، أى انه يعكس اتجاهه ويشتد تدريجيا فى الاتجاه الجديد لتصل الى حد أقصى ، ثم يقل مرة أخرى حتى الصفر ويعكس الاتجاه وهلم جرا •

يدفعنا ذلك الى التساؤل ما الذى يجعل المجال المغناطيسى يشتد ثم يضعف بمثل هذا المنوال غير المنتظم ويغير اتجاهه كلما مر بالصفر ؟ لم يتوصل العلماء بعد الى اجابة لهذا السؤال وان كانوا على يقين من أن الأمر يتكرر بنفس الطريقة ·

وفى الوقت الراهن ، فان المجال المغناطيسى للأرض يقترب من مثل ذلك التحول العكسى ، وتفيد التقديرات ، على نحو ما ذكر آنفا ، بأنه سيقع نحو عام ٤٠٠٠ · وتتسم القرون القليلة التى تسبق ذلك التحول العكسى ، وتلك التى تليه ، بأن المجال المغناطيسى يكون ضعيفا بدرجة لا تتيح تغيير اتجاه جسيمات الأشعة الكونية بشكل ملموس ·

ومع اشتداد المجال المغناطيسى وضعفه يقل سقوط الأشعة الكونية أو يزداد ، حيث يصل معدل سقوط الأشعة الى حده الأدنى عندما يكون المجال المغناطيسى فى ذروة شدته ، بينما يصل معدل السقوط الى أقصاه عندما تكون شدة المجال المغناطيسى صفرا ·

وعندما تكون شدة المجال المغناطيسى صفرا ، ويكون معدل سقوط الأشعة الكونية فى ذروته ، فان معدل التغيارات الاحيائية والعبء الجيبى يكون أيضا فى أقصى درجاته · وتلك هى الفترة التى تكون فيها الظروف مهيأة أكثر من أى وقت آخر لفناء بعض الأجناس ·

الاندثارات العظمى

شهد تاريخ الحياة على الأرض ، اندثار نوعيات عديدة من الأجناس، الا أن تلك العملية لم تخضع لأى نظام معين · وقد اكتشف علماء الباليونتولوجيا لدى دراسة تاريخ الحفريات ، أن بعض العصور شهدت معدلات حادة لفناء الأجناس · وقد لاحظوا أن معظم الكائنات الحية فى تلك العصور تفنى فيما يبدو فى وقت قصير نسبيا ·

وقد سميت تلك الفترات « بالاندثارات العظمى » · ويرجع تاريخ أفضل واحدة من تلك الفترات من حيث توافر المعلومات عنها ، الى نحو ٦٥ مليون سنة ، حينما كانت السيادة فى الأرض للزواحف العملاقة ، بما فيها الكائنات العديدة المعروفة باسم « الديناصورات » وأنواع أخرى من الكائنات الحية والتى اندثرت كلها فى فترة زمنية وجيزة ·

فهل تحدث تلك الاندثارات العظمى فى الأوقات التى تنعدم فيهما المجالات المغناطيسية ؟ وهل نحن مقبلون على واحدة من تلك الفترات فى عام ٤٠٠٠ ؟ · وهل لن يطول عمر الانسان الى أبعد من ذلك ؟

تلك مسالة لاتبعث بالضرورة على الانزعاج ، صحيح انه ليس لدينا ما يعيننا على دراسة ما حدث خلال التحولات العكسية للمجالات المغناطيسية التى جرت منذ ملايين السنين ، ولكننا نعلم أن عددا من تلك التحولات جرى على مدى بضع مئات ألوف السنين الماضية ولم تصاحبها بالضرورة حالات اندثار حادة للأجناس • ومن ثم ليست هناك مدعاة لأن نتوقع حدوث مأساة « عبء جينى » فى غضون ألفى سنة •

ولا غـــرابة فى ذلك • فمن طبيعة المجال المغناطيسى للأرض انه لا يصل الى مقدار بالغ حتى فى ذروته • ومن ناحية أخرى تتسم جسيمات الأشعة الكونية بقدر فائق من الطاقة ، أى أن انحراف الجسيمات لايكون بالغا حتى فى قمة المجال المغناطيسى ، وبالتالى عندما تضعف شدة ذلك المجال أو تتلاشى ، فان ارتفاع معدل سقوط الأشـــعة الكونية لايـكون ضـــخما •

ولكن ماذا يحدث لو أن معدل سقوط الأشعة الكونية ارتفع لسبب بخلاف المجال المغناطيسى للأرض ؟ ماذا يحدث لو أن سوبر نوفا انفجر مثـلا فى مكان قريب ؟ ان ذلك من شأنه أن يزيد بشكل مؤقت سيل جسيمات الأشعة الكونية الساقطة على الأرض ، ويمكن أن يؤدى ذلك الى حالات فناء عديدة •

ولتوضيح ذلك فلنتخيل أن نجما سوبر نوفا ، لا يزيد بعده عن الأرض على عشرة فراسخ ، انفجر • انه سيتوهج بشدة تعادل ١/٦٠٠ من شدة بريق الشمس ، أى انه سيكون مضيئا أكثر من أى شىء آخر فى الســماء بما فى ذلك القمر • ولو وقع فى الجـانب المقـابل للشمس بالنسبة للأرض لأضفى على الليل ضوء الشفق • وبغض النظر عن موقعه فى الســماء فانه سـيؤدى لفترة الى ارتفاع درجة الحرارة على الأرض بشكل كبير ، بما يسبب لنا المتاعب •

وأهم من ذلك ، فان معدل سقوط الأشـــعة الكونية سيتضاعف مئات ، بل آلاف المرات ، وسيستمر هذا الارتفاع الهائل لعدة سنوات • ان ذلك من شأنه أن يؤدى الى عواقب وخيمة على كافة الأصعدة ، أول هذه العواقب أن طبقة الأوزون ستضعف فتتهيأ الفرصـــة لسقوط مزيد من الأشعة فوق البنفسجية على سطح الأرض ، وقد يكون لذلك أثر فتـــاك لايقل خطورة عن أثر جسيمات الأشعة الكونية ذاتها • ثانيا ، فان جانبا من النيتروجين والأكسجين فى الجو قد يتحد ويكون أكسيد النيتروجين فى الطبقات العليا بما يحجب قدرا من الضــــوء المرئى ، فتكون النتيجة انخفاض درجة الحرارة بعد الارتفاع الأولى ، ويقل أيضا معدل السقوط •

كل ذلك يفسح المجال لارتفاع كبير فى معدل التغيار الاحيائى وأيضا العبء الجينى ٠

ولو حدث ذلك فى وقت ضعف المجال المغناطيسى للأرض فان الآثار ستتفاقم بدرجة محدودة ، ولكنها ستكون فى قمة الضرر ٠ فهل تكون الاندثارات العظمى نتيجة لتضافر الظروف بوقوع انفجار سوبر نوفا قريب فى وقت تلاشى المجال المغناطيسى ؟

ولكن بما انه ليس هناك نجوم معرضة للتحول الى سوبر نوفا على بعد عشرة فراسخ من الأرض ، فان ذلك الافتراض يفقد معناه ٠ غير أن الشمس وكل النجوم فى مجرتنا دائبة الحركة حول مركز المجرة ولكن بشكل غير متناسق ٠ فالنجوم الأبعد من المركز تتحرك ابطأ من تلك القريبة منه ٠ وبعض النجوم (مثل الشمس) تتحرك فى مسارات دائرية وأخرى فى مسارات بيضاوية ، بعضها يتحرك فى المستوى العام لدرب اللبانة والبعض الآخر يتحرك فى مستويات تميل بدرجات حادة على المستوى الرئيسى ٠

وفى هذا الاطار تقترب نجوم من نجوم ثم تبتعد عنها لتقترب من مجموعة أخرى ويتكرر ذلك فى كل مدار حول مركز المجرة ٠ وبينما تنعدم تقريبا احتمالات اصطدام نجمين فانه من الوارد أن تقل المسافة بين نجمين عن عشرة فراسخ ٠ فالأرض تقع حاليا على بعد ٣ر١ فرسخ من ألفا قنطورى وعلى بعد ٧ر٢ فرسخ من الشعرى اليمانية ٠ غير أننا لم نكن ولن نكون على مثل تلك المسافات على الدوام ٠

أيبعث ذلك على الاعتقاد بأن الشمس فى تاريخها الطويل ، اقتربت مرارا من نجم تصادف تحوله الى سوبر نوفا ، وأن تكرار ذلك أمر وارد فى المستقبل ؟ وهل يكون من شأن مثل تلك الأحداث تهيئة المجال لاندثارات عظمى ، لاسيما اندثار الديناصورات ؟

لقد ساد ذلك الاعتقاد بين العلماء فى أواخر السبعينات من القرن العشرين ٠

غير أن الفيزيائى الأمريكى والتر ألفاريز اكتشف فى عام ١٩٨٠ كمية فائقة من معدن الايريديوم النادر وذلك فى طبقة صخرية عمرها ٦٥ مليون سنة ٠ وقد فسر ذلك باحتمال ارتطام كويكب كبير بالأرض فى ذلك الوقت ، مما أثار عاصفة ضخمة من الغبار فى طبقات الجو العليا حجبت الضوء عن الأرض لفترة طويلة من الزمن ، فأسفر ذلك عن الاندثار العظيم الذى قضى على الديناصورات ، ويبدو أن الكويكب

كان غنيا نسبيا بالايريديوم فاختلط مسحوق ذلك المعدن بالتراب واستقر معه على سطح الأرض بعد هدوء العاصفة ·

ومنذ ذلك الاكتشاف اهتدى العلماء الى عدد كبير من المعطيات المؤيدة لهذا الاحتمال · ولكن فى عام ١٩٨٣ توافرت معلومات تفيد ، على غير توقع ، بأن الاندثارات العظمى تحدث بشكل منتظم وتتكرر على أزمان تتراوح بين ٢٦ و٢٨ مليون سنة · وكان على علماء الفلك أن يبحثوا عن الأسباب المحتملة لتلك التكرارية طويلة الأمد ·

ومن بين الاحتمالات المطروحة أن الشمس قد يكون لها قرين بعيد ولكنه ليس بحجم يتيح أن يكون له بريق فى مثل ضوء النجوم · وقد يكون ذلك القرين يسلك مدارا يستغرق ٢٧ مليون سنة ، وعند موقع معين فى ذلك المدار يقترب من الشمس بدرجة تجعله يمر وسط سحابة مكونة من مئات البلايين من المذنبات المتحركة فى مدارات تقع على بعد كبير خلف كوكب بلوتو ، وقد يكون من شأن مجال جاذبية ذلك القرين دفع مئات الآلاف من تلك المذنبات الى اتخاذ مدارات جديدة تحملها على الدخول فى المجموعة الشمسية · وقد يحدث أن يرتطم بعض تلك المذنبات بالأرض فتحدث عملية الابادة الجماعية للأجناس ·

وقد وقعت آخر حالة من الاندثارات العظمى منذ نحو أحد عشر مليون سنة ، واذا صح احتمال الفناء بسبب ارتطام المذنبات بالأرض فذلك يعنى أن الواقعة القادمة لن تحل قبل مضى ستة عشر مليون سنه من الآن ، ليس اذن ثمة مدعاة للانزعاج حاليا ·

ونخلص من ذلك بأن الانفجارات السوبر نوفا قد « برؤت ساحتها » من مسئولية الاندثارات العظمى (ما لم تظهر حقائق أو تفسيرات أخرى) · ولكن يبقى واردا أن أى انفجار سوبر نوفا عارض يقع قريبا نسبيا من الأرض سيبعث على سقوط قدر من الأشعة الكونية من شأنه أن يؤدى الى فناء ما كان يحدث بدونها ·

الفضاء

يشهد المستقبل القريب تخصيص ظروف ، من شأنها أن يكرس للأشعة الكونية قدر من الاهتمام يفوق كثيرا ما تحظى به حاليا ·

ولنأخذ على سبيل المثال الرحلات الفضائية · فلقد صعد الانسان بالفعل الى الفضاء القريب حيث حلق على مشارف طبقات الجو العليا ، بل انه خرج لأبعد من ذلك حيث وصل الى القمر ·

وعندما يتخذ رائد فضاء مدارا حول الأرض فانه يكون خارج مجال الحماية التى تكفلها طبقات الجو ، ولكنه مازال داخل المجال المغناطيسى للأرض ويحظى بوقايته من سيل جسيمات الأشعة الكونية الواردة من الشمس ومن مصادر أخرى فى الفضاء .

وحتى الآن لم يظهر أى أثر ضار على رواد الفضاء من جراء تعرضهم للظروف الفضائية . وحتى رواد الفضـــاء السوفيت الذين مكثوا فى الفضاء لمدة ثمانية أشهر متصلة يبدو أنهم لم يتعرضوا لأى مشـــاكل . (امتدت فترة بقاء أحدهم على مدى رحلتين خـــارج الغلاف الجوى الى عام كامل) .

اما المسافر فى رحلة الى القمر والعودة منها ، فانه يخرج عن المجال المغناطيسى للأرض وعن الغلاف الجوى ، لاسيما وأن القمر لا يتوافر له أى منهما الا بقدر ضئيل . ومن ثم فان رواد الفضاء فى هذه الرحـلة يتعرضون على مدى فترة تناهز ستة أيام للأشعة الكونية بكل شدتها ، ومع ذلك لم تظهر أى أضرار صـــحية على الرواد الذين قاموا بالفعـل بزيارة للقمر .

غير أن المستقبل سيشهد فترات أطول من تعرض الانسان للأشعة الكونية . فمن المخطط أن تقلع سفن فضاء على متنها بشر صوب المريخ وربما أبعد من ذلك . وحينئذ لن يقتصر التعرض لبضعة أيام بل سيمتد لشهور وربما لأعوام .

ومن الوارد اقامة مستوطنات فضائيـــة يسكنها آلاف من البشر لمدد غير محدودة . الأمر اذن لن يتعلق بمجرد بضع سنين ولكن بأعمار كاملة وأجيال . وسيأتى وقت يتزوج فيه الناس فى الفضـــاء ويولد الأطفال فى الفضاء ويشبون فى الفضاء . فهل سيؤدى تعرضهم لقصف الأشعة الكونية الى زيادة معدل التغيار الاحيائى ؟ هل سترتفع نســبة العـاهات والتشـوهات فى المواليد ؟ هـل سيضفى ارتفـاع نسبة العبء الجينى صعوبة على الحياة فى الفضاء أو سيجعلها مستحيلة ؟

لو كانت المستوطنات الفضائية ذات حجم مناسب ، فسيمكنه بناء جدار يحميها ولو جزئيا من الأشعة الكونية ، حتى بدون غلاف جوى يصل سمكه الى أميال ، وبدون حاجـة لمجال مغناطيسى على مستوى الكوكب لكفالة تلك الحماية .

ويمكن الاستعانة بالمعادن والزجـاج المستخلصين من القمر (وهو أمر وارد) فى بناء تلك المستوطنات أما الصـخور القمرية ، فســوف تستخدم بعد تنقيتها فى فرش الأرضية الداخلية للمستوطنة ، وسـوف

تستقر مكانها بفضل قوة الجذب المركزية الناجمة عن دوران المستوطنة ٠ وسوف تستخدم هذه الأرضية فى أعمال الفلاحة ، ويمكن زيادة سمكها بدرجة تتيح امتصاصها لنسبة كبيرة من جسيمات الأشعة الكونية ٠

واننا نتطلع الى رحلات جد طويلة على متن سفن فضاء ضخمة ، تبنى فى الفضاء ، وتطلق من الفضاء ، وتكون بمثابة عوالم صغيرة قائمة بذاتها ٠ ويمكن أيضا تكسية السطح الداخلى للسفينة بتربة تحقق ميزتى الزراعة وامتصاص الأشعة الكونية ٠

ولكن ، فى المقابل ، سيأتى وقت تتزايد فيه خطورة الأشعة الكونية بصفة مؤقتة ٠ فقد يحدث فجأة أن يندلع لهب شمسى عملاق يلفظ سيلا من جسيمات الأشعة الكونية تعصف بكل المستوطنات والسفن الفضائية٠ وقد يكون ذلك السيل هينا ، لا يستغرق وقتا طويلا ، ومن ثم يسفر عن جسيمات ضعيفة بمقاييس الأشعة الكونية ، وفى هذه الحالة يبرز بلا شك الدور الحمائى لطبقات التربة فى المستوطنات والسفن الفضائية ٠

ثم ان انفجارات السوبر نوفا الفجائية ستزيد هى الأخرى من وطأة الأشعة الكونية ، صحيح أنها نادرة ، ولكنها تطلق جسيمات فائقة الطاقة وعلى مدى فترة أطول ٠ غير أن مثل تلك الانفجارات عادة ما تكون بعيدة بحيث يتضاءل خطرها ٠

ولا يغيب عن الأذهان بالطبع أن احتمال تزامن وتضافر العوامل الضارة ، بما يسفر عن مأساة ، احتمال وارد ٠ فما أن تقام مستوطنات فى الفضاء ومجتمعات ، فلا مفر من وجود رحلات قصيرة ينتقل فيها الناس من مستوطنة الى أخرى فى مركبات فضائية صغيرة غير مصفحة ، ولا مفر من وجود أشخاص يعملون فى الفضاء لايرتدون سوى بدلة فضائية ٠ ولو اجتاح فى ذلك الحين تيار مفاجىء من الأشعة الكونية ، سواء أكان واردا من الشمس أم من جراء انفجار سوبر نوفا فانه سيسفر عن حلول ضرر بالغ يقصر كثيرا من عمر الحياة أو يفنيها تماما ٠ غير اننا سنطرح ذلك الاحتمال جانبا بوصفه حادثا عارضا لا يمكن الفكاك منه ـ شأنه فى ذلك شأن الأرواح التى تزهق على الأرض من جراء التعرض للعواصف الثلجية أو الصواعق ـ ولا ينبغى أن ندعه يعرقل مسيرة الانسان فى سبر أغوار الفضاء ٠

وقد يصل الانسان مستقبلا الى درجة من العلم تتيح له التنبؤ بدقة باحتمالات وقوع انفجارات سوبر نوفا قريبة ، وبتوقيتها ، كما تتيح التنبؤ بحالة الجو الشمسى ، ومن ثم التعرف على احتمالات وقوع

الانفجـارات الشمسية القوية ، ولو توصـل الانسان الى ذلك ، فسيكون من السهل درء الخطر بقدر المستطاع ، وذلك باستدعاء أكبر عدد من الأشخاص الذين يسبحون في الفضاء بدون وقاية كافية ، حتى يمر الوقت العصيب ثم يستأنف ، ذلك النوع من النشاط .

السوبر نوفا القادم

واذا كان الانسان ينعم بالأمان على سطح الأرض ، فذلك يرجع الى عدم وجود سوبر نوفا مدمر قريب ، ولو ظهر نجم سوبر نوفا فى مجرتنا دون أن تحجبه سحب الغبار الفضائية ، فسيظهر على هيئة بقعة متألقة فى جنح ليل السماء ، ولو كان ذلك السوبر نوفا على بعد متوسط ، فسيفوق بريقه أى نجـم أو كوكب آخر فى السماء (على غرار سوبر نوفا الذئبة الذى ظهر عام ١٠٠٦) ، بل ينافس القمر ذاته فى ضـوئه ، ومن ثم سيكون بوسع الانسان أن يراه حتى فى وضح النهار ولفترة من الزمن .

ولم يحدث منذ عام ١٩٠٤ ، أن ظهر نجم سوبر نوفا يمكن أن يراه الانسان بالعين المجردة ، وان كان ذلك القول ينطوى على نوع من الزيف ، حيث يبعث معدل اندلاع السوبر نوفا على توقع حدوث عدد منها خلال ال ٤٠٠ عام الماضية .

واذا كان الناس قد فاتتهم فرصة رؤية نقطة ضوء شديدة البريق فى السماء ، لضآلة حجمها وقصر فترة وهجهـا ، فقد فات علماء الفلك ما يفوق ذلك بكثير . ولو أن سوبر نوفا ساطعا وقع فى مجال الرؤية ، وتصادف تركيز الأجهزة الحديثة عليـه ، لعلم الانسان على مدى أيـام قليلة من أمر السوبر نوفا وتطور الفضاء بصفة عامة ، ما يفوق ما سعى اليه طوال القـرون الأربعة الماضية ، منـذ أن رأى آخـر سوبر نوفا بالعين المجردة .

ولكن الى متى سيستمر ذلك الجمود السماوى ؟ هل يشهد المستقبل القريب ظهور سوبر نوفا ساطع ؟

نعم ، الفرصة سانحة ، بل ويمكن طرح تصورات منطقية بشـأن موقعه المحتمل .

ولعلنا نتناول الأمر خطوة خطوة :

أولا : ان توقع اندلاع انفجار سوبر نوفا فجأة فى غضون الأعوام القليلة القادمة يقتضى أن يكون النجم المعنى يمر حاليا بمراحله الأخيرة

قبل الانقباض ، وذلك يعنى أنه فى مرحلة العملاق الأحمر • ولابد أن يكون على مسافة قريبة نسبيا لكى تتاح الفرصة لرؤية وميض الانفجار • وبالتالى ينبغى فى سعينا للتكهن بالسوبر نوفا المرتقب أن نركز على المتعملقات الحمراء القريبة •

وأقرب متعملق أحمر الى الأرض هو شيات (Scheat) فى برج الفرس الثانى (Pegasus) ، حيث لا تزيد مسافته على خمسين فرسخا ، ولكن قطره يعادل نحو ١١٠ أمثال قطر الشمس • ويعد ذلك الحجم ضئيلا بالنسبة لعملاق أحمر ، ولو أن ذلك هو أقصى حجم سيصل اليه فذلك يعنى أن كتلته لاتزيد على كتلة الشمس ، وبالتالى فلن يتحول أبدا الى سوبر نوفا • أما لو انه مازال فى مرحلة التمدد فأمامه أمد طويل قبل بلوغه الحجم الملائم وبالتالى لانتوقع انفجاره قبل مليون سنة أو يزيد •

أما النجم ميرا أو « أعجوبة قيطس » ، فهو يبعد عن الأرض بمقدار سبعين فرسخا ، ولكن قطره يعادل ٤٢٠ مثل قطر الشمس وهو بالتأكيد يفوقها فى كتلته • علاوة على ذلك فانه يومض بشكل غير منتظم وتلك علامة على أنه فى مراحله الأخيرة وفى حالة عدم استقرار متزايدة ، ومن ثم فهو من النجوم المرشحة لأن يكون السوبر نوفا المرتقب •

وهناك ثلاثة متعملقات حمراء أخرى قريبة نسبيا ، حيث لايزيد بعدها على ١٥٠ فرسخا وكلها أثقل من ميرا • المتعملق الأول هو رأس الجاثى ويقع فى برج الجاثى ويعادل قطره ٥٠٠ مثل قطر الشمس ، والثانى هو قلب العقرب ويقع فى برج العقرب بقطر يساوى ٦٤٠ مثل قطر الشمس ، والثالث هو منكب الجوزاء ويقع فى برج الجوزاء وهو أكبرهم حجما وأيضا فى مرحلة الوميض مثل ميرا • أما كتلته فهى تتراوح بين ١٥ و ٣٠ مثل كتلة الشمس •

وتشير دلائل عديدة فى الواقع الى أن منكب الجوزاء على وشك التحول الى سوبر نوفا • فهو يتسم بضخامة الرياح الفضائية المحيطة به ويطلق سنويا كمية من الكتلة تصل الى ١/٠٠٠ر١٠٠ من كتلة الشمس كما انه يفقد كل يوم ونصف مقدارا من المواد فى مثل كتلة القمر •

كذلك فان الكم الضخم من الرياح الفضائية يوحى بأن يكون النجم محاطا بهالة من الغازات تفيد دراسات حديثة بأنها تفتقر الى نويات الكربون • ويعتقد أن ذلك الافتقار الى نوى الكربون يصاحبه ارتفاع فى نسبة نويات النيتروجين • ولقد تبين لدى دراسة بقايا السوبر نوفا أنها غنية بالنيتروجين ، وبالتالى فلو اتضح أن الغلاف الخارجى لمتعملق

أحمر غني بالنيتروجين ، فذلك يدل على أن انفجـارا سوبر نوفا ليس ببعيـد ٠

غير أن لفظ « ليس ببعيد » فى علم الفلك لايعنى انه ينبغي علينا أن نتطلع كل ليلة الى السماء ، ففى عمر النجـوم قد تستغرق كلمـة « قريب » ألف سنة وقد تصل الى عشرة آلاف سنة ٠ وبنـاء على ذلك فقد ينفجر منكب الجوزاء غدا (أو ربما يكون قد انفجر بالفعل منذ قرابة خمسمائة عام وسيصلنـا ضـوؤه في نهـاية المطاف غدا) وقد تمر آلاف السنين قبل أن ينفجر ٠

ولو سنحت الفرصـة لعلماء الفلك لأن يشهدوا ولو لمرة واحدة انفجارا سوبر نوفا ، أى سوبر نوفا قريب ، فسوف يكتشفون الكثير عن ملابسات مثل تلك الانفجارات ، مما يمكنهـم فى مرات قادمة من التنبؤ بشكل أدق بوقت حدوث الانفجار ٠

ولو انفجر منكب الجوزاء ، فسوف يفوق في بريقه كل السوبر نوفا السابقة على مدى عمر البشرية ، فهو أقرب الى الأرض من أى منهـا ، حيث يقع تقديرا على بعد عشر مسافة الانفجار السوبر نوفا الذى شهده عام ١٠٥٤ ٠

وقد يصل منكب الجوزاء فى بريقه الى درجة تماثل ضوء البدر ٠ غير أن ضوء البدر ليس بضار ، وبوسع المرء أن ينظر اليه كيف يشاء ، فهو يشع بنفس الشـدة من كل بقعة فى القرص القمرى ولا يتركز فى بقعـة معينة ضئيلة بحجم النجم مثـلا ، بينما ضوء سوبر نوفا منكب الجوزاء سيتركز فى نقطة صـغيرة ، ولن يكون من الحكمة النظـر اليه لفترة طويلة خشية أن تتعرض شبكية العين للأذى ٠

ومن المتوقع أن يسفر انفجار منكب الجوزاء ، لاسيما لو وقع فى وقت يتلاشى فيه المجال المغناطيسي للأرض ، عن موجة عاتية من الأشـعة الكونية من شأنها أن تحدث زيادة ملموسة فى العبء الجينى لعديد من الكائنات الحية ، بل قد تؤدى الى فناء بعض الأجنـاس ، ولو وقع ذلك الانفجار بينما الانسان قد استطاع أن يخرج الى الفضاء ولكنه لم يصل بعد الى مرحلة بناء وسائل انتقال أو اقامة تحظى بالحمـاية الكافيـة ، فقد يلحق ضرر بالغ بمن يتصادف وجودهم فى الفضاء فى ذلك الوقت ، ولكنه لا حيلة لنا فى ذلك فى الوقت الراهن ٠

وقد لايكون منكب الجوزاء هو النجـم المرتقب لأن يتحول الى سوبر نوفا مرئى ٠ ويرى بعض علماء الفلك أن أقرب النجـوم المرشـحة

للتحول هو النجم ايتا كارينا الذى كان جون هيرشــــل أول من تناوله بالدراسة حسبما أشرنا آنفا ٠

فالنجم ايتا كارينا يتميز بعاصفة فضائية أعنف من تلك المحيطة بمنكب الجوزاء وبالتالى تتسم هالة الغاز المحيطة به بأنها أكثر كثافة ، وتمتص تلك الهالة من الغاز جانبا من الضوء الذى يشعه ايتـــا كارينـا ومن ثم يبدو النجم أقل بريقا ٠ ويصدر الضوء بعد ذلك فى أقل صور طاقته أى على هيئة أشــعة تحت الحمراء ، ولتحقيق التــوازن حسب قانون الطبيعة ، لابد أن تزيد كمية الأشعة تحت الحمراء لتعويض الفارق فى الطاقة ٠ ويفيد الواقع فعلا بأن ما يصــــل الى الأرض من الأشــــعة تحت الحمراء من ايتا كارينا يزيد عما يرد من أى جرم آخر فى السماء خارج المجموعة الشمسية ٠

ومن شأن ايتا كارينا أيضا أن الغلاف المحيط به يفتقر الى الكربون وغنى بالنيتروجين ، ثم ان النجـم أخـيرا يفوق منكب الجوزاء فى عدم استقراره ، علاوة على انه تعرض فى الماضى لانفجارات محدودة نســـبيا جعلته يبدو ، ولو لمرة واحدة على الأقل ، ثانى النجوم فى السماء من حيث شدة البريق ، لا يتقدم عليه سوى الشعرى اليمانية ٠

غير أن الشعرى اليمانية يبعد عن الأرض بمقدار ٧ر٢ فرسخ بينما يبعد ايتا كارينا بمقدار ٢٧٥٠ فرســـخا ، أى ألف مثـل بعد الشعرى اليمانية ، وبالتالى لابد أن تكون شدة اضاءة ايتا كارينا تعادل مليون مثل شدة اضاءة الشعرى اليمانية حتى يبدو على نفس الدرجة من البريق ٠

ويبعث ذلك على الاعتقاد بأن ايتا كارينا أقرب للتحول الى سوبر نوفا من منكب الجوزاء ٠ غير انه لو تعرض للانفجار فلن يكون مبهرا ، حيث انه يبعد عن الأرض بمسافة تعادل عشرين مثل مسافة منكب الجوزاء ، وبالتالى سيكون بريقه أشد قليلا من ١/٤٠٠ من بريق منكب الجوزاء ، علاوة على أن ايتا كارينـــا يقع فى مواجهـــة النصف الجنوبى من الكرة الأرضية بعيدا عن خط الاستواء ، فلو انفجر لن يراه أحـد فى أوروبا وفى معظم أراضى الولايات المتحدة ٠

والأهم من ذلك أن سوبر نوفا ايتا كارينا سيكون أقل ضررا على الحياة من منكب الجوزاء ٠

فى النهاية نقول اننا بعدنا تماما عن نظرية أريسطو بشأن هدوء السماء واستقرارها ، وأدركنا أنها سماء تموج بالعنف وبطاقات هائلة تحرك الأحداث هنا وهناك ، وعرفنا اننا يمكن أن نشهد فى أى لحظة ،

وبالعين المجردة حدثا عنيفا مثل انفجار نجم ، واننا لسنا بمنأى عن الخطر الذى قد يسفر عنه ذلك الحدث ·

ولكن لعلنا نعود الى صفاء نفوسنا ولا نجأر أبدا بالشكوى ، فلولا مثل تلك الانفجارات ، ولولا فناء النجوم والشموس ، ما نشأت شمسنا وما تكونت الأرض بشكلها الحالى ولما تواجدنا نحن وكل صور الحياة الأخرى - لننعم بكوكبنا وبشمسنا وليتمتع البشر بصفة خاصة (ومنهم قارئو هذا الكتاب) بنعمة الفضول وحب المعرفة والتعجب ، تلك النعمة التى نحسها ، فى كل ليلة نتطلع فيها الى مجرتنا الممتدة فى هذه السماء المعتمة ·

اقــرأ فى هــذه الســلسلة

احلام الاعلام وقصص أخرى	برتراند رسل
الالكترونيات والحياة الحديثة	ى · رادونسكايا
نقطة مقـابل نقطة	الدس هكسلى
الجغرافيا فى مائة عام	ت · و · فريمان
الثقافة والمجتمع	رايموند وليامز
تاريخ العلم والتكنولوجيا (٢ ج)	ر · ج · فوربس
الأرض الغـامضة	ليستردیل رای
الرواية الانجليزية	والتر آلن
المرشد الى فن المسرح	لويس فارجاس
آلهة مصر	فرانسوا دوماس
الانسان المصرى على الشاشة	د· قدرى حفنى وآخرون
القاهرة مدينة ألف ليلة وليلة	أولج فولكف
الهوية القومية فى السينما العربية	هاشم النحاس
مجموعات النقــود	ديفيد وليام ماكدوال
الموسيقى ـ تعبير نفسى ـ ومنطق	عزيز الشوان
عصر الرواية ـ مقال فى النوع الأدبى	د· محسن جاسم الموسوى
ديلان توماس	اشراف س· بى· كوكس
الانسان ذلك الانسان الفريد	جون لويس
الرواية الحديثة	بول ويست
المسرح المصرى المعاصر	د· عبد المعطى شعراوى
على محمود طـه	أنـور المعـداوى
القوة النفسية للأهرام	بيل شول أدنبيت
فن الترجمة	د· صفاء خلوصى
تولســـتوى	رالف ئى ماتلو
ســـتندال	فيكتور برومبير

رسائل وأحاديث من المنفى	فيكتور هوجو
الجزء والكل (محـــاورات فى مضـــمار الفيزياء الذرية)	فيرنر هيزنبرج
التراث الغامض ماركس والماركسيون	سدنى هوك
فن الأدب الروائى عند تولستوى	ف ٠ ع ٠ أدنيكوف
أدب الأطفال	هادى نعمان الهيتى
أحمد حسن الزيات	د٠ نعمة رحيم العزاوى
أعلام العرب فى الكيمياء	د٠ فاضل أحمد الطائى
فكرة المسرح	فرنسيس فرجون
الجحيـــم	هنرى باربوس
صنع القـــرار السياسى	السيد عليوة
التطور الحضـــارى للانســـان	جاكوب برونوفسكى
هل نستطيع تعليم الأخلاق للأطفال ؟	د٠ روجر ستروجان
تربية الدواجن	كاتى ثير
الموتى وعالمهم فى مصر القديمة	ا ٠ سبنسر
النحل والطب	د٠ ناعوم بيتروفيتش
سبع معارك فاصلة فى العصور الوسطى	جوزيف داهموس
سياســـة الولايات المتحدة الأمريكية ازاء مصر ١٨٣٠ ـ ١٩١٤	د٠ لينوار تشامبرز رايت
كيف تعيش ٣٦٥ يوما فى السنة	د٠ جون شندلر
الصـــحافة	بيير البير
أثر الكوميـــديا الالهيـــة لدانتى فى الفـــن التشكيلى	الدكتور غبريال وهبه
الأدب الروسى قبـــل الثـــورة البلشـــفية وبعدها	د٠ رمسيس عوض
حركة عدم الانحياز فى عالم متغير	د٠ محمد نعمان جلال
الفكر الأوروبى الحديث (٤ ج)	فرانكلين ل ٠ باومر
الفن التشكيلى المعـــاصر فى الوطن العربى ١٨٨٥ ـ ١٩٨٥	شوكت الربيعى
التنشئة الأسرية والأبناء الصغار	د٠ محيى الدين أحمد حسين

نظريات الفيلم الكبرى	تأليف : ج· ج· دادلى أندرو
مختارات من الأدب القصصى	جوزيف كونراد
الحياة فى الكون كيف نشأت وأين توجد ؟	طائفة من العلماء الأمريكيين
حرب الفضاء	د· محمد أسعد عبد الرؤوف
ادارة الصراعات الدولية	د· السيد عليـوة
الميكروكمبيـوتر	د· مصطفى عنانى
مختارات من الادب اليابانى	صبرى الفضـل
تاريخ ملكية الأراضى فى مصر الحديثة	جابرييل باير
اعلام الفلسفة السياسية المعاصرة	انطونى دى كوسبنى وكينيث هينوج
كتابة السيناريو للسينما	دوايت سوين
الزمن وقياسـه	زافيلسكى ف·س
أجهزة تكييف الهـواء	أبراهيم القرضاوى
الخدمة الاجتماعية والانضباط الاجتماعى	بيتر رداى
سبعة مؤرخين فى العصور الوسطى	جوزيف داهموس
التجربة اليونانية	س · م بورا
مراكز الصناعة فى مصر الاسلامية	د· عاصم محمد رزق
العلم والطلاب والمدارس	رونالد د· سمبسون و نورمان د· أندرسون
الشارع المصرى والفكر	د· أنور عبد الملك
حوار حول التنمية الاقتصادية	والت روستو
تبسيط الكيمياء	فرد · س · هيس
العادات والتقاليد المصرية	جون بوركهارت
التذوق السينمائى	الان كاسبيار
التخطيط السياحى	سامى عبد المعطى
البذور الكونيـة	فريد هـويل شاندرا ويكراما ماسينج
دراما الشاشة (٢ جـ)	حسين حلمى المهندس
الهيروين والايدز	روى روبرتسون
صور افريقية	دوركاس ماكلينتوك

نجيب محفوظ على الشاشة	هاشم النحاس
الكمبيوتر فى مجالات الحياة	د. محمود سرى طه
المخدرات حقائق اجتماعية ونفسية	بيتر لورى
وظائف الأعضاء من الألف الى الياء	بوريس فيدروفيتش سيرجيف
الهندسة الوراثية	ويليام بينز
تربية أسماك الزينة	ديفيد الدرتون
الفلسفة وقضايا العصر (٣ ج)	جمعها : جون ر. بورر وميلتون جولدينجر
الفكر التاريخى عند الاغريق	ارنولد توينبى
قضايا وملامح الفن التشكيلى	د. صالح رضا
التغذية فى البلدان النامية	م.هـ. كنج وآخرون
بداية بلا نهاية	جورج جاموف
الحرف والصناعات فى مصر الاسلامية	د. السيد طه أبو سديره
حوار حول النظامين الرئيسيين للكون	جاليليو جاليليه
الارهاب	أريك موريس ، ألان هو
اخناتون	سيريل الدريد
القبيلة الثالثة عشرة	آرثر كيستلر
التوافق النفسى	توماس أ. هاريس
الدليل الببليوجرافى	مجموعة من الباحثين
لغة الصورة	روى أرمز
الثورة الاصلاحية فى اليابان	ناجاى متشيو
العالم الثالث غدا	بول هاريسون
الانقراض الكبير	ميكائيل البى ، جيمس لفلوك
تاريخ النقود	فيكتور مورجان
التحليل والتوزيع الأوركسترالى	اعداد محمد كمال اسماعيل
الشاهنامة (٢ ج)	الفردوسى الطوسى
الحياة الكريمة (٢ ج)	بيرتون بورتر
كتابة التاريخ فى مصر ق ١٩٠	جاك كرابس جونيور
قيام الدولة العثمانية	محمد فؤاد ، كوبريلى

الثمانيون فى أوربا	بول كونر
مختارات من الآداب الآسيوية	اختيار واعداد صبرى الفضل
التمثيل للسينما والتليفزيون	تونى بار
سقوط المطر	نادين جورديمر وآخرون
صــناع الخلود	موريس بيربراير
دليل تنظيم المتاحف	آدامز فيليب
كتب غيرت الفكر الانسانى (٣ ج)	أحمد الشــنوانى
الحملة الصليبية الأولى	جوناثان ريلى سميث
رواد الفلسفة الحديثة	ريتشارد شاخت
جماليات فن الاخراج	زيجمونت هبنر
الكنائس القبطية (٢ ج)	الفريد · ج · بتلر
ترانيم زرادشت	اعداد · د· فيليب عطية
النقد السينمائى الامريكى	ادوارد مرى
الاتصال والهيمنة الثقافية	هربرت شيلر
رحلات فارتيما	الحاج يونس المصرى
التاريخ من شتى جوانبه ٣ ج	ستيفن أوزمنت
مصر الرومانية	نفتالى لويس
السينما الخيالية	بيتر نيكوللز
السينما العربية من الخليج الى المحيط	اعداد : مونى براح وآخرون
اتفاقية ماستريخت	جابر محمد الجزار
انهم يصنعون البشر ٣ ج	فانس بكارد
معالم تاريخ الانسانية ٤ ج	ج· هـ· ويلز
من هم التتار	ابرار كريم الله
حديث النهر	سوريال عبد الملك
ما بعد الحداثة	مارجريت روز

تطلب كتب هذه السلسلة من :

- باعة الصـحف .
- مكتبة الهيئـة .
- المعرض الدائم للكتاب بمقر الهيئة .
- منافذ التوزيع فى أماكن وفروع الثقـافة الجماهيرية وهى كما يلى :

— الوادى الجديد .. الداخلة والخارجة .

— البحيرة .

— المنيـا .

— دميـاط .

— فامسـكور .

— القليوبيـة (بنهـا) .

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ٤١٩٢ / ١٩٩٤

ISBN — 977 — 01 — 3370 — 7

يتناول هذا الكتاب الشيق موضوعا جذابا يشمل بتفصيل جميل كل ما يتعلق بنشأة الكون منذ الانفجار العظيم الذى وقع قبل خمسة عشر بليون سنة وما صاحبه من تكون سحب ضخمة من الهيدروجين والهليوم هى أصل كل شئ.

ويسلط الكتاب الضوء على الظاهرة المعروفة باسم السوبرنوفا أو الشموس الضخمة غير المستقرة والتى تعد انفجاراتها المروعة أعنف ما تشهده الأكوان من أحداث على الاطلاق. وتنسب الأبحاث الفلكية الحديثة كل ما يحتويه الكون الفسيح من عناصر وكواكب ومجرات شاسعة وشتى صور الحياة إلى هذه الانفجارات.



٣٥٠ قرشا

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب